



TUGAS AKHIR – TI 141501

**ANALISIS *LEAN MANUFACTURING* DAN RISIKO
PROSES PENGENDALIAN KUALITAS DI INDUSTRI KERETA API**

MAUDY RAMADHANI PUTRI

NRP.0241 14 40000 117

Pembimbing:

Yudha Prasetyawan S.T., M.Eng.

NIP. 19770523 200003 1 002

DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2019



FINAL PROJECT – TI 141501

**LEAN MANUFACTURING AND RISK ANALYSIS OF
QUALITY CONTROL PROCESS IN TRAIN MANUFACTURER**

MAUDY RAMADHANI PUTRI

NRP.0241 14 40000 117

Supervisor:

Yudha Prasetyawan S.T., M.Eng.

NIP. 19770523 200003 1 002

INDUSTRIAL ENGINEERING DEPARTMENT

Faculty of Industrial Technology

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2019

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS *LEAN MANUFACTURING* DAN RISIKO PROSES PENGENDALIAN KUALITAS DI INDUSTRI KERETA API

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Program Studi S-1 Departemen Teknik Industri

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

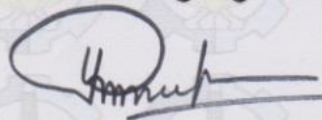
Oleh:

MAUDY RAMADHANI PUTRI

NRP : 0241 14 40000 117

Disetujui oleh,

Dosen Pembimbing Tugas Akhir,



Yudha Prasetyawan, S.T., M.Eng.

NIP : 19770523 200003 1 002

SURABAYA, JANUARI 2019



ANALISIS LEAN MANUFACTURING DAN RISIKO PROSES PENGENDALIAN KUALITAS DI INDUSTRI KERETA API

Nama : Maudy Ramadhani Putri
NRP : 0241 14 40000 117
Pembimbing : Yudha Prasetyawan, S.T., M.Eng.

ABSTRAK

Saat ini, transportasi di Indonesia banyak mengalami perkembangan. Hal tersebut didorong oleh faktor perkembangan teknologi transportasi dunia. Salah satu transportasi darat yang handal dari segi keamanan dan ketepatan waktu adalah moda transportasi kereta api. Saat ini, kendala yang dihadapi industri kereta api yaitu terdapat keterlambatan pengiriman produk, serta adanya produk yang cacat. Kedua hal tersebut berpengaruh terhadap tingkat kepuasan *customer*. Untuk dapat menangani kendala tersebut, perlu diterapkan pendekatan yang mengintegrasikan antara metode *seven tools of quality control*, *lean thinking* serta manajemen risiko. Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan ketiga metode tersebut, dapat diketahui bahwa pada proses *incoming material* memiliki jumlah *defect* sebanyak 15.553 komponen dan frekuensi *waste* sebanyak 1.189, serta *waste* dengan tingkat risiko tertinggi. Maka dari itu, karena proses *incoming material* sangat erat kaitannya dengan *supplier*, perlu adanya perbaikan koordinasi dengan *supplier*, serta melakukan inspeksi material secara rutin dengan *supplier*.

Kata Kunci : *Seven tools of quality control*, *lean thinking*, analisis risiko

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LEAN MANUFACTURING AND RISK ANALYSIS OF QUALITY CONTROL PROCESS IN TRAIN MANUFACTURER

Student Name : Maudy Ramadhani Putri

Student ID : 0241 14 40000 117

Supervisor : Yudha Prasetyawan, S.T., M.Eng.

ABSTRACT

Transportation provides solution for the problem of moving from a certain location to other location. Nowadays, transportation in Indonesia has a significant development in a higher level affected by world transportation technology. The most reliable transportation mode in terms of safety and punctuality is train transportation. In order to improve quality and customer satisfaction, it is important to integrate seven tools of quality control method, lean thinking and risk management. According to the integration, train manufacturer able to discover the value of integration in which quality control process has the most contribution value. Further, identification of causes and recommendations for improvement can be determined. Based on the data, it can be seen that the incoming material process has 15,553 defects, 1,189 waste events and having the highest level of risk. Therefore, it is necessary to improve the coordination with suppliers and conduct routine inspection with suppliers.

Key Words : Seven tools, lean thinking, risk analysis.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahillāhirabbil'ālamīn, puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Analisis Efisiensi dan Risiko Proses Pengendalian Kualitas pada Industri Kereta Api”**.

Selama proses pengerjaan Tugas Akhir, penulis mendapatkan banyak dukungan dan bantuan berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Yudha Prasetyawan, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan arahan dan motivasi kepada penulis selama pengerjaan tugas akhir.
2. Bapak Bintang Gumilar dan Bapak Andi Arif Isyanto selaku pembimbing eksternal penulis yang telah banyak membantu penulis dalam pengumpulan data serta penyusunan laporan tugas akhir.
3. Bapak Dr. Ir. Mokh. Suef, MSc (Eng) dan Ibu Putu Dana Karningsih, S.T., M.Eng.SC., Ph.D selaku dosen penguji pada seminar proposal dan sidang tugas akhir yang telah memberikan arahan, kritik serta saran dalam pengerjaan tugas akhir.
4. Bapak Nurhadi Siswanto, S.T., MSIE., Ph.D selaku Ketua Departemen Teknik Industri ITS.
5. Bapak Dr. Adithya Sudiarno, S.T., M.T. selaku dosen Koordinator Tugas Akhir yang telah memberikan arahan selama proses pengerjaan tugas akhir.
6. Kedua orang tua penulis yaitu Bapak Tri Budi Utama dan Ibu Siti Romlah yang senantiasa memberikan doa, serta dorongan motivasi kepada penulis.
7. Segenap Dosen Departemen Teknik Industri ITS yang telah memberikan banyak pembelajaran kepada penulis selama menempuh studi.
8. Teman-teman seperjuangan saya selama menjalani masa studi di ITS.

9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu atas bantuan doa, semangat dan motivasi untuk penulis selama pengerjaan tugas akhir.

Penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih belum sempurna, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran untuk perbaikan kedepannya. Penulis berharap, semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Surabaya, Januari 2019

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL	xxi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	5
1.5.1 Batasan.....	5
1.5.2 Asumsi	5
1.6 Sistematika Penulisan	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1 Kereta Api.....	9
2.1.1 Jenis Produk Kereta Api	9
2.2 Sistem Manufaktur.....	14
2.3 Kualitas	14
2.3.1 Terminologi Kualitas	15
2.3.2 Metode Statistik untuk <i>Quality Control</i>	16
2.3.3 Aspek Manajemen dalam <i>Quality Control</i>	22
2.3.4 <i>Total Quality Management</i>	23
2.3.5 Biaya Kualitas.....	23
2.4 <i>Lean Manufacturing</i>	27
2.4.1 Memahami Tipe <i>Waste</i>	28

2.4.2	Memahami <i>Big Picture</i>	30
2.5	Analisis Risiko	31
2.5.1	Struktur dan Pendekatan dari ISO 31000.....	32
2.5.2	Pedoman Prinsip dalam ISO 31000	33
2.6	Pengembangan Model <i>Seven Tools of Quality Control, Lean Manufacturing</i> , dan Analisis Risiko.....	34
2.6.1	Pemaparan Metode <i>Quality Control, Lean Manufacturing</i> , serta Analisis Risiko	34
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		41
3.1	<i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian.....	41
3.2	Penjelasan <i>Flowchart</i>	43
3.2.1	Tahap Identifikasi dan Perumusan Masalah	43
3.2.2	Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data.....	44
3.2.3	Tahap Analisis dan Interpretasi Data	47
3.2.4	Kesimpulan dan Saran	47
BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....		49
4.1	Gambaran tentang Kualitas di Industri Kereta Api	49
4.2	Pengolahan Data Menggunakan <i>Seven Tools of Quality Control</i>	49
4.2.1	<i>Check Sheet</i>	50
4.2.2	<i>Scatter Diagram</i>	50
4.2.3	<i>Control Chart</i>	52
4.2.4	Histogram.....	85
4.2.5	<i>Pareto Chart</i>	95
4.2.6	<i>Fishbone Diagram</i>	99
4.2.7	<i>Defect Concentration Diagram</i>	103
4.3	Pembobotan Nilai Setiap <i>Defect</i> pada Proses Pengendalian Kualitas...	107
4.4	Pengolahan Data dengan <i>Lean Manufacturing</i> pada Proses Pengendalian Kualitas.....	112
4.4.1	Identifikasi <i>Waste</i> pada Proses Pengendalian Kualitas.....	112
4.4.2	Penentuan Target Pengurangan <i>Waste (Setting The Direction)</i>	126

4.4.3	<i>Big Picture Mapping</i>	143
4.4.4	Pemetaan Rekomendasi (<i>Detailed Mapping</i>)	146
4.4.5	Analisis Keterlibatan <i>Supplier</i> serta Dampak terhadap <i>Customer</i>	149
4.4.6	Evaluasi Target dengan Kinerja Kondisi Eksisting (<i>Checking The Plan Fits The Direction and Ensuring Buy-in</i>)	151
4.5	Analisis Risiko	163
BAB 5 ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA.....		171
5.1	Analisis <i>Seven Tools of Quality Control</i>	171
5.2	Analisis Pembobotan Nilai terhadap <i>Defect</i>	175
5.3	Analisis Penerapan <i>Lean Thinking</i> pada Proses Pengendalian Kualitas	177
5.4	Analisis Risiko	181
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN		185
6.1	Kesimpulan	185
6.2	Saran	186
DAFTAR PUSTAKA		187
BIOGRAFI PENULIS		189

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Lokomotif Diesel Hidrolik.....	10
Gambar 2. 2 Lokomotif Diesel Elektrik	11
Gambar 2. 3 Lokomotif Diesel Elektrik Ekspor ke Filipina.....	11
Gambar 2. 4 Kereta Penumpang Ekonomi	12
Gambar 2. 5 Kereta Ekonomi Premium	13
Gambar 2. 6 Kereta Kelas Eksekutif	13
Gambar 2. 8 Proses Manufaktur dalam perspektif Teknologi.....	14
Gambar 2. 9 Contoh Diagram Pareto	18
Gambar 2. 10 <i>Fishbone Diagram</i> Penyebab Produk Cacat.....	18
Gambar 2. 11 <i>Defect Concentration Diagram</i>	19
Gambar 2. 12 <i>Scatter Diagram</i>	19
Gambar 2. 13 Contoh Histogram.....	20
Gambar 2. 14 <i>Control Chart</i>	21
Gambar 2. 15 <i>Framework Lean Thinking</i>	28
Gambar 2. 16 <i>Big Picture Mapping Icons</i>	30
Gambar 2. 17 <i>Scope and Design ISO 31000</i>	32
Gambar 2. 18 Komponen <i>Control and Develop</i> dalam Sistem Manajemen	32
Gambar 2. 19 Prinsip, Kerangka, dan Proses Manajemen Risiko dari ISO 31000	33
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian	41
Gambar 4. 3 <i>Scatter Diagram</i> Jarak Tempuh Las dengan Jumlah Cacat <i>Welding Bolt Rubber Base</i>	51
Gambar 4. 4 <i>Scatter Diagram</i> Kecepatan Pengiriman <i>Axle Box</i> dengan Jumlah Cacat.....	51
Gambar 4. 5 <i>Scatter Diagram</i> Kecepatan Pengiriman <i>Guide Rubber</i> dengan Jumlah Cacat.....	52
Gambar 4. 6 <i>P Chart</i> Total Cacat <i>Axle Box</i>	54
Gambar 4. 7 <i>P Chart Defect Arm Rest</i> Kursi Tidak Sejajar	55
Gambar 4. 8 <i>P Chart Defect Rubber for Side Bearer</i>	55

Gambar 4. 9 <i>P Chart Defect Guide Rubber</i>	56
Gambar 4. 10 <i>P Chart Defect Brake Block Head</i>	57
Gambar 4. 11 <i>P Chart Defect Speaker Ekstrusi</i>	57
Gambar 4. 12 <i>P Chart Fix Window Scratch</i>	58
Gambar 4. 13 <i>P Chart Welding Bolt Rubber Base</i>	59
Gambar 4. 14 <i>P Chart Ketidaksesuaian Panel Control</i>	59
Gambar 4. 15 Uji Visual Kursi Penumpang K1	60
Gambar 4. 16 <i>P Chart Ketidaksesuaian Lantai Lavatory</i>	61
Gambar 4. 17 Ketidaksesuaian Toilet Duduk	61
Gambar 4. 28 <i>P Chart Sheeting Plate Bergelombang</i>	64
Gambar 4. 29 <i>P Chart Stopper of Fuel Tank</i>	65
Gambar 4. 31 <i>P Chart Ketidaksesuaian Hanger Bracket</i>	65
Gambar 4. 32 <i>P Chart Ketidaksesuaian Brake Pipe</i>	66
Gambar 4. 33 <i>Individual-Moving Range Chart</i> pada Tinggi <i>Center Pivot</i> dari Atas Rel pada Beban Kosong	69
Gambar 4. 34 <i>Individual-Moving Range Chart</i> pada Tinggi <i>Center Pivot</i> dari Atas Rel pada Beban Normal.....	70
Gambar 4. 35 <i>Individual-Moving Range Chart</i> pada Tinggi <i>Center Pivot</i> dari Atas Rel pada Beban Maksimum.....	71
Gambar 4. 36 <i>Xbar-Rchart</i> Tinggi Bogie Frame dari Atas Rel pada Beban Kosong	73
Gambar 4. 37 <i>Xbar-Rchart</i> Tinggi Bogie Frame dari Atas Rel pada Beban Normal.....	74
Gambar 4. 38 <i>Xbar-Rchart</i> Tinggi Bogie Frame dari Atas Rel pada Beban Maksimum	75
Gambar 4. 39 <i>Individual-Moving Range Chart</i> pada Jarak <i>Stopper Bolster</i> dengan <i>Spring Plank</i> pada Beban Kosong	76
Gambar 4. 40 <i>Individual-Moving Range Chart</i> pada Jarak <i>Stopper Bolster</i> dengan <i>Spring Plank</i> pada Normal	78
Gambar 4. 41 <i>Individual-Moving Range Chart</i> pada Jarak <i>Stopper Bolster</i> dengan <i>Spring Plank</i> pada Beban Maksimum	79

Gambar 4. 42 <i>P Chart</i> Permukaan Karpas Bergelombang	80
Gambar 4. 43 <i>P Chart</i> Cacat Lubang pada Kereta	81
Gambar 4. 44 <i>P Chart</i> Kesalahan Pemasangan Cover Korden	81
Gambar 4. 45 <i>P Chart</i> Kerusakan Lampu	82
Gambar 4. 46 <i>P Chart</i> AC Tidak Berfungsi	83
Gambar 4. 47 <i>P Chart</i> Power Kereta Tidak Berfungsi	84
Gambar 4. 48 <i>P Chart</i> Lampu Tidak Berfungsi	85
Gambar 4. 54 Histogram Jumlah Total <i>Defect Raw Material</i>	86
Gambar 4. 60 Histogram Total Defect pada Proses Fabrikasi.....	87
Gambar 4. 61 Histogram Tinggi Center Pivot dari Atas Rel pada Beban Normal	88
Gambar 4. 62 Histogram Tinggi Center Pivot dari Atas Rel pada Beban Kosong.....	88
Gambar 4. 63 Histogram Tinggi Center Pivot dari Atas Rel pada Beban Maksimum	89
Gambar 4. 64 Histogram Tinggi Center Pivot dari Atas Rel pada Beban Maksimum	90
Gambar 4. 65 Histogram Tinggi Bogie Frame dari Atas Rel pada Beban Kosong.....	90
Gambar 4. 66 Histogram Tinggi Bogie Frame dari Atas Rel pada Beban Maksimum	91
Gambar 4. 67 Histogram Jarak Stopper Bolster dengan Spring Plank pada Beban Kosong (Kanan-Kiri).....	92
Gambar 4. 68 Histogram Jarak Stopper Bolster dengan Spring Plank pada Beban Normal (Kanan-Kiri)	92
Gambar 4. 69 Histogram Jarak Stopper Bolster dengan Spring Plank pada Beban Maksimum (Kanan-Kiri)	93
Gambar 4. 75 Histogram Total <i>Defect</i> Proses <i>Finishing</i>	94
Gambar 4. 81 Histogram Total <i>Defect</i> Proses <i>Final Testing</i>	95
Gambar 4. 82 <i>Pareto Chart</i> pada <i>Incoming Material</i>	96
Gambar 4. 83 <i>Pareto Chart</i> pada Proses Fabrikasi	97

Gambar 4. 84 <i>Pareto Chart</i> pada Proses <i>Finishing</i>	98
Gambar 4. 85 <i>Pareto Chart</i> pada Proses <i>Final Testing</i>	99
Gambar 4. 86 <i>Fishbone Diagram</i> Ketidaksesuaian <i>Mechanical Properties Axle Box</i>	100
Gambar 4. 87 <i>Fishbone Diagram</i> <i>Sheeting Plate</i> Bergelombang.....	101
Gambar 4. 88 <i>Fishbone Diagram</i> Karpet Bergelombang	102
Gambar 4. 89 <i>Fishbone Diagram</i> Lampu Tidak Berfungsi	103
Gambar 4. 90 <i>Defect Concentration Diagram</i> Proses <i>Incoming Material</i>	104
Gambar 4. 91 <i>Defect Concentration Diagram</i> Proses Fabrikasi.....	105
Gambar 4. 92 <i>Defect Concentration Diagram</i> Proses <i>Finishing</i>	106
Gambar 4. 93 <i>Defect Concentration Diagram</i> Proses <i>Final Testing</i>	107
Gambar 4. 94 <i>Big Picture Mapping</i> Proses Produksi Proyek Kereta Api .	145
Gambar 4. 95 <i>Detailed Mapping</i> Proses <i>Incoming Material</i>	146
Gambar 4. 96 <i>Detailed Mapping</i> Proses <i>Finishing</i>	147
Gambar 4. 97 <i>Detailed Mapping</i> Proses <i>Final Testing</i>	148
Gambar 5. 1 Ringkasan Analisis <i>Seven Tools of Quality</i>	172
Gambar 5. 2 Hasil Analisis <i>Seven Tools of Quality</i>	174
Gambar 5. 3 Ringkasan Analisis Pembobotan Nilai terhadap <i>Defect</i>	175
Gambar 5. 4 <i>Defect</i> Terpilih untuk Identifikasi Aktivitas Pengendalian Kualitas	176
Gambar 5. 5 Hasil Analisis Pembobotan Nilai terhadap <i>Defect</i>	177
Gambar 5. 6 Ringkasan Analisis Penerapan <i>Lean Thinking</i>	178
Gambar 5. 7 <i>Future State Mapping</i> Proses Produksi Kereta Api	179
Gambar 5. 8 Hasil Analisis Penerapan <i>Lean Thinking</i>	181
Gambar 5. 9 Ringkasan Analisis Risiko dengan Pendekatan ISO 31000:2018.....	181
Gambar 5. 10 Hasil Analisis Risiko berdasarkan Pendekatan ISO 31000:2018.....	182

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Contoh <i>Cheek Sheet</i>	17
Tabel 2. 2 Biaya Kualitas.....	23
Tabel 4. 59 Penilaian Bobot pada Tiap <i>Defect</i> dalam <i>Statistical process Control</i>	108
Tabel 4. 61 Identifikasi <i>Waste</i> tiap <i>Defect</i> pada Proses Pengendalian Kualitas	114
Tabel 4. 62 Penetapan Target Penurunan Frekuensi <i>Waste</i>	126
Tabel 4. 65 Analisis Keterlibatan <i>Supplier</i> dan <i>Customer</i>	149
Tabel 4. 66 <i>Check The Possibility with Setting The Direction</i>	151
Tabel 4. 67 Analisis Risiko Proses Pengendalian Kualitas Proyek Kereta Api	164
Tabel 4. 68 Peta Risiko Proses Pengendalian Kualitas pada Proyek Kereta Api	169

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 1

PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dipaparkan mengenai latar belakang penelitian ini dilakukan, rumusan masalah, tujuan, manfaat, ruang lingkup dan sistematika penulisan dari penelitian ini.

1.1 Latar Belakang

Transportasi merupakan salah satu hal yang dibutuhkan oleh masyarakat. Saat ini, transportasi di Indonesia mengalami perkembangan positif. Hal tersebut didorong oleh perkembangan dalam teknologi transportasi dunia. Salah satu transportasi darat yang handal dari segi keamanan dan ketepatan waktu adalah moda transportasi kereta api. Kereta api merupakan sarana transportasi yang banyak diminati oleh masyarakat.

Spesifikasi desain serta ukuran kereta api yang diproduksi disesuaikan dengan kebutuhan serta kondisi geografis dari suatu wilayah. Produk yang telah dihasilkan industri kereta api diantaranya adalah lokomotif yang terdiri dari Lokomotif Diesel Hidrolik dan Lokomotif Diesel Elektrik. Kemudian produk Kereta Api penumpang yang terdiri dari berbagai kelas yang terbagi menjadi Kereta Ekonomi, Kereta Ekonomi Premium, dan Kereta Kelas Eksekutif. Produk lainnya yaitu kereta berpenggerak yang terdiri dari Kereta Rel Diesel, Kereta Rel Listrik, Kereta Rel Diesel Elektrik, dan *Railbus*, Gerbong barang yang berfungsi sebagai sarana logistik dan transportasi barang. Contoh produk gerbong barang ini yaitu Gerbong Tangki Bahan Bakar yang biasa digunakan oleh Pertamina, kereta khusus yang terdiri dari Kereta Inspeksi, Kereta Ukur, *Track Motor Car*, dan Kereta Kedinasan. Selain produk-produk tersebut, industri kereta api juga memproduksi produk pengembangan seperti *Railway Air Conditioning* (I-Cond) dan *Articulated Bus*.

Berdasarkan produk yang telah disebutkan, dapat diketahui bahwa industri kereta api telah melakukan banyak inovasi dalam bentuk pengembangan produk. Sebagai contoh, untuk Kereta Api Penumpang dengan kelas Ekonomi telah dikembangkan menjadi lebih baik dengan memproduksi Kereta Ekonomi

Premium. Fasilitas yang disediakan Kereta Ekonomi Premium terdiri dari *Liquid Crystal Display* (LCD), *Closed Circuit Television* (CCTV), pendingin ruangan, hingga *reclining seat* yaitu kursi penumpang dengan fitur sandaran yang dapat diatur sesuai keinginan penumpang.

Untuk dapat mempertahankan kualitas serta untuk meningkatkan kepuasan *customer*, industri kereta api melakukan proses inspeksi untuk pengendalian kualitas. Proses pengendalian kualitas tersebut dilakukan dari proses pengadaan material yaitu material yang didapat dari *supplier* hingga *final testing*. Kualitas, baik itu dalam segi produk jadi maupun pelayanan terhadap *customer*, merupakan suatu tolok ukur yang perlu untuk ditingkatkan untuk dapat memenuhi kebutuhan *customer*. Proses pengendalian kualitas merupakan hal yang penting yang harus diperhatikan karena berkaitan dengan peningkatan pelayanan terhadap *customer*. Komponen kualitas yang diperhatikan dimulai dari material yang didapat dari *supplier*, proses produksi, proses *finishing*, pengujian akhir, hingga bagaimana pendapat *customer* mengenai pelayanan produk (jasa) yang disampaikan oleh industri kereta. Material yang diperoleh dari *supplier* perlu untuk diinspeksi terlebih dahulu agar dapat dipastikan bahwa tidak terdapat material yang memiliki *defect*. Hal tersebut dikarenakan material tersebut dapat berpengaruh terhadap produk akhir. Kemudian dalam proses produksi dilakukan pengendalian kualitas untuk mengetahui proses produksi yang dilakukan telah berjalan lancar atau tidak, dan untuk menginspeksi spesifikasi serta dimensi produk telah memenuhi standar atau belum. Sedangkan untuk proses *finishing*, dilakukan proses pengecatan (*painting*) dan *blasting*. Kedua proses ini juga perlu dilakukan proses pengendalian kualitas. Kemudian proses akhir yaitu proses pengujian barang yang merupakan proses uji statis dan uji dinamis sebelum fasilitas jasa layanan kereta api disampaikan kepada *customer*.

Di dalam pengerjaan proyek kereta api, terdapat beberapa kendala diantaranya adalah terjadi keterlambatan dan terjadinya *defect* pengerjaan proyek kereta api. Hal tersebut dapat berakibat pada tingkat kepuasan *customer* dan juga reputasi dari industri kereta api. Maka dari itu, diperlukan evaluasi serta

perencanaan dengan menggunakan pendekatan yang mengintegrasikan antara metode *lean thinking*, *seven tools of quality control*, dan manajemen risiko.

Untuk dapat mempertahankan pelayanan serta meningkatkan pelayanan pada *customer*, maka pada penelitian tugas akhir ini akan dilakukan analisis pengendalian kualitas dengan menerapkan metode *seven tools* pada salah satu proyek kereta api. *Seven tools* diterapkan untuk mengetahui jenis cacat yang sering terjadi, beserta identifikasi penyebab dari cacat tersebut. Pengendalian kualitas merupakan salah satu pendekatan dalam mengembangkan kualitas produksi yang akan berdampak pada biaya kualitas mulai dari biaya penggantian bahan baku, biaya *rework*, biaya kegagalan internal, dan eksternal, dan sebagainya. Selain itu, kualitas akan berdampak pada tingkat kepuasan *customer*. Selain penerapan metode *seven tools*, *lean manufacturing* merupakan strategi yang memiliki manfaat dalam menciptakan keunggulan dalam bisnis. Konsep *lean* berawal dari identifikasi *waste* serta yang dapat berakibat pada keterlambatan proyek kereta api. Kemudian konsep manajemen risiko dalam hal ini juga diperlukan untuk menganalisis risiko akibat timbulnya *waste*, serta pemaparan upaya mitigasi dari risiko.

Dengan adanya integrasi tiga metode tersebut industri kereta api dapat mengidentifikasi penyebab *defect* dan nilai kontribusi terhadap keseluruhan proses pada tiap proses dari pengadaan material hingga *final testing* produk kereta api. Di samping itu, dengan adanya metode *lean manufacturing* yang diterapkan bertujuan dalam identifikasi *waste* yang berlangsung selama proses pengendalian kualitas berlangsung. Setelah *waste* diidentifikasi, dilakukan identifikasi risiko pada setiap *waste*. Hasil dari penelitian ini nantinya diharapkan dapat menjadi evaluasi serta rekomendasi perbaikan pada proses pengendalian kualitas.

1.2 Perumusan Masalah

Adanya material, proses fabrikasi hingga *finishing* yang mengalami kecacatan menyebabkan terjadinya penambahan proses seperti *rework* yang berakibat pada penambahan biaya serta berdampak pada tingkat kepuasan *customer*. Maka dari itu, diperlukan identifikasi faktor penyebab *defect* yang

terjadi selama proses pengadaan material hingga *final testing*. Disamping itu, dilakukan penerapan identifikasi faktor-faktor yang menyebabkan lamanya proses pengendalian kualitas, identifikasi risiko serta evaluasi proses dengan pendekatan yang mengintegrasikan antara metode *seven tools of quality control*, *lean manufacturing*, dan manajemen risiko.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah yang telah dijelaskan sebelumnya, maka tujuan penelitian ini yaitu :

1. Mengetahui kondisi eksisting mengenai proses pengendalian kualitas yang terjadi pada industri kereta api mulai dari proses pengendalian kualitas pada pengadaan material hingga *final testing*.
2. Melakukan analisis faktor yang dapat menyebabkan produk cacat yang tidak sesuai dengan standar yang ditetapkan.
3. Mengidentifikasi aktivitas yang merupakan *waste* dari proses pengendalian kualitas.
4. Melakukan pengukuran tingkat risiko yang terjadi dalam proses pengendalian kualitas.
5. Memberikan rekomendasi perbaikan proses pengendalian kualitas secara terintegrasi sehingga proses yang berlangsung dapat dilakukan secara efisien.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin dicapai dengan adanya penelitian ini yaitu:

1. Meminimasi adanya faktor yang menyebabkan terjadinya kecacatan pada proses produksi kereta api, mulai dari proses pengadaan material hingga proses *final testing*.
2. Memberikan rekomendasi mengenai langkah-langkah yang harus diambil perusahaan untuk meningkatkan kualitas produk.

3. Mengetahui bagaimana proses pengendalian kualitas yang memiliki nilai terburuk pada integrasi *seven tools of quality*, *lean thinking*, dan manajemen risiko untuk didapatkan rekomendasi peningkatannya.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Pada bagian ini akan dipaparkan mengenai ruang lingkup penelitian. Hal tersebut terdiri dari batasan dan asumsi penelitian.

1.5.1 Batasan

Batasan yang digunakan dalam penelitian adalah:

1. Penelitian ini dilakukan pada salah satu proyek kereta api dimana data pada proyek tersebut dapat diterapkan pada proyek kereta api lainnya.
2. Penelitian yang diamati yaitu pada proses pengendalian kualitas pada industri kereta api mulai dari proses pengadaan material, proses fabrikasi, proses *finishing* hingga *final testing*.

1.5.2 Asumsi

Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Tidak terdapat perubahan pada proses bisnis perusahaan selama penelitian dilakukan.
2. Nilai bobot yang dianggap lebih signifikan untuk menentukan *waste* adalah jumlah *defect* komponen, jumlah faktor penyebab cacat, banyak jenis cacat yang mencapai jumlah kumulatif 80%, serta banyaknya data *outlier*.
3. Penanganan *waste* dalam aktivitas pengendalian kualitas dianggap signifikan terhadap pengurangan biaya.
4. Proses pengkategorian *waste* yang sejenis dianggap memerlukan penanganan risiko yang sama.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan laporan penelitian adalah sebagai berikut.

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab pendahuluan akan dijelaskan mengenai pemaparan yang merupakan dasar dari diadakannya penelitian. Bab ini terdiri dari latar belakang, perumusan masalah, tujuan, manfaat, ruang lingkup dan sistematika penelitian.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dipaparkan mengenai konsep teori yang merupakan dasar dari penelitian. Konsep dasar dan teori yang digunakan didapatkan dari beberapa sumber seperti buku, jurnal, *e-book* dan *website*. Tinjauan pustaka pada penelitian ini meliputi konsep kereta api, konsep kualitas, *seven tools of quality control*, analisis risiko dan *lean thinking*.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini memaparkan mengenai langkah yang harus dilakukan pada penelitian. Langkah yang dilakukan tersebut menjadi dasar agar penelitian yang akan dilaksanakan dapat dilakukan secara sistematis dan terarah. Metodologi penelitian dilakukan secara sistematis yang dimulai dengan tahap identifikasi dan perumusan masalah dilanjutkan dengan tahap pengumpulan dan pengolahan data kemudian diakhiri dengan tahap analisis dan interpretasi data serta penarikan kesimpulan dan saran untuk penelitian selanjutnya.

BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai pengumpulan data dari penelitian. Adapun data yang berkaitan dengan penelitian ini yaitu mencakup data kondisi eksisting alur proses pengendalian kualitas, produk cacat yang terjadi pada tahap

pengadaan material hingga purna jual. Untuk pengolahan data, pada penelitian ini dilakukan pengolahan data dengan penerapan *integrated lean quality control*.

BAB 5 ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA

Pada bab ini akan dilakukan analisis berdasarkan hasil dari pengolahan data yang dilakukan pada bab sebelumnya. Setelah dilakukan analisis, selanjutnya dilakukan pemaparan rekomendasi perbaikan oleh peneliti.

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai kesimpulan dari pengolahan data dan analisis data untuk menjawab tujuan penelitian. Selain itu juga dibahas mengenai saran-saran yang diperlukan untuk pengembangan penelitian kedepannya.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab 2 akan dipaparkan mengenai tinjauan pustaka yang merupakan landasan teori dari penelitian. Bab 2 terdiri dari beberapa pemaparan mengenai kereta api, konsep kualitas, *lean manufacturing*, analisis risiko dan pengembangan model untuk ketiga metode tersebut.

2.1 Kereta Api

Transportasi darat pada awalnya merupakan teknologi penggerak berupa roda. Seiring dengan berkembangnya teknologi, maka muncul beberapa variasi transportasi darat yaitu moda angkutan dan lokomotif. Pada moda angkutan, terdapat dua jenis yaitu moda angkutan jalan raya, dan moda angkutan kereta api.

Berdasarkan Undang-Undang Nomor 23 Tahun 2007, Perkeretaapian merupakan satu kesatuan sistem yang terdiri atas prasarana, sarana, dan sumber daya manusia, serta norma, kriteria, persyaratan, dan prosedur untuk penyelenggaraan transportasi kereta api. (UU NO. 23, 2007)

Keunggulan kereta api dibandingkan dengan transportasi darat lainnya yaitu kereta api merupakan transportasi yang memiliki jalur tersendiri, ramah lingkungan, dan memiliki daya angkut yang besar.

Kereta api merupakan sarana perkeretaapian dengan tenaga gerak, baik berjalan sendiri maupun dirangkaikan dengan sarana perkeretaapian lainnya, yang akan ataupun sedang bergerak di jalan rel yang terkait dengan perjalanan kereta api. (UU NO. 23, 2007)

2.1.1 Jenis Produk Kereta Api

Pelayanan angkutan perkeretaapian merupakan layanan kereta api dalam satu lintas atau beberapa lintas pelayanan perkeretaapian yang dapat berupa bagian jaringan multimoda transportasi. (Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia, 2014).

Produk kereta api terdiri dari lokomotif, kereta penumpang, kereta berpenggerak, dan gerbong barang. Berikut merupakan pemaparan dari masing-masing produk tersebut:

1. Lokomotif

Lokomotif pada kereta merupakan sumber penggerak yang terdiri dari diesel, tenaga uap, dan elektrik. Produk lokomotif dari industri kereta api terdiri dari Lokomotif Diesel Hidrolik, Lokomotif Diesel Elektrik dan Lokomotif Diesel Elektrik Ekspor ke Filipina.

Untuk produk Lokomotif Diesel Hidrolik memiliki kecepatan maksimum 120km/jam serta memiliki berat maksimum 84 ton. Gambar 2.1 berikut merupakan gambar dari Lokomotif Diesel Hidrolik :



Gambar 2. 1 Lokomotif Diesel Hidrolik

Produk lokomotif lain yang diproduksi oleh industri kereta api yaitu Lokomotif Diesel Elektrik. Produk ini memiliki spesifikasi kecepatan maksimum 120km/jam. Serta memiliki kapastias bahan bakar 3028 liter. Berikut merupakan gambar dari Lokomotif Diesel Elektrik yang ditunjukkan pada gambar 2.2:



Gambar 2. 2 Lokomotif Diesel Elektrik

Selain menjual produk kereta api pada dalam negeri, industri kereta api, juga melakukan ekspor produk lokomotif dengan memproduksi Lokomotif Diesel Elektrik yang diekspor ke Filipina. Lokomotif ini memiliki spesifikasi kecepatan yang sama dengan Lokomotif Diesel Elektrik yaitu memiliki kecepatan maksimum 120km/jam. Lokomotif ini memiliki kapasitas maksimum bahan bakar 3028 liter, minyak pelumas 984 liter, dan air pendingin 681 liter. Gambar 2.3 berikut merupakan gambar Lokomotif Diesel Elektrik yang diekspor ke Filipina:



Gambar 2. 3 Lokomotif Diesel Elektrik Ekspor ke Filipina

2. Kereta Penumpang

Kereta merupakan kendaraan yang memiliki fungsi dalam mengangkut penumpang. Kereta penumpang yang diproduksi oleh industri kereta api terdiri dari Kereta Ekonomi, Kereta Ekonomi Premium, Kereta Kelas Eksekutif, dan Kereta Ekspor ke Bangladesh.

Kereta ekonomi memiliki kecepatan maksimum 120km/ jam dan lebar kereta yaitu 1.067mm. Gambar 2.4 menunjukkan gambar dari Kereta ekonomi:



Gambar 2. 4 Kereta Penumpang Ekonomi

Kereta ekonomi premium memiliki spesifikasi kecepatan 120km/jam, dan memiliki panjang kereta sebesar 20.920 mm. Perbedaan antara kereta ekonomi dan kereta ekonomi premium terletak pada desain interior yang diberikan pada penumpang. Pada gambar 2.5 ditunjukkan gambar dari Kereta Ekonomi Premium:



Gambar 2. 5 Kereta Ekonomi Premium

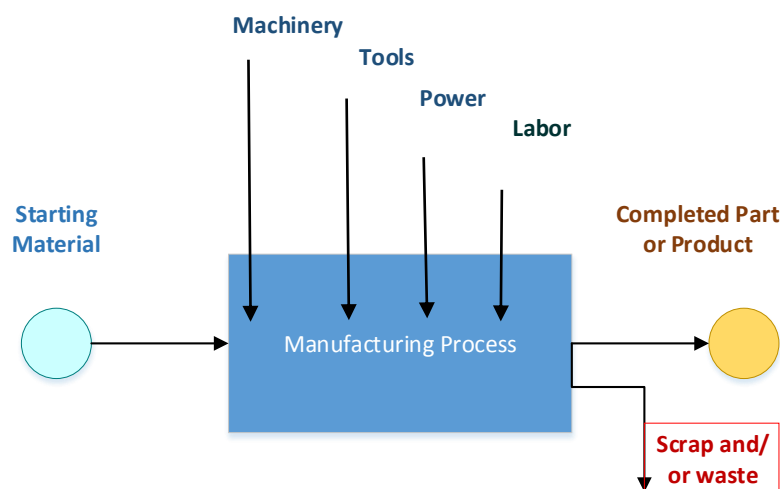
Sedangkan kereta kelas eksekutif memiliki kecepatan maksimum 120 km/jam. Kereta dengan kelas eksekutif memiliki fasilitas dan desain interior yang lebih unggul. Berikut merupakan gambar dari Kereta Kelas Eksekutif yang ditunjukkan pada gambar 2.6:



Gambar 2. 6 Kereta Kelas Eksekutif

2.2 Sistem Manufaktur

Menurut Kamus Universitas Random House Webster, definisi dari manufaktur yaitu pembuatan barang atau barang buatan pabrik oleh tenaga kerja secara manual atau dengan mesin. Manufaktur terdiri dari dua kata yaitu “manus” yang berarti “tangan” dan “factus” yang berarti “membuat”. Sedangkan menurut *International Conference on Production Engineering*, manufaktur memiliki definisi yaitu serangkaian kegiatan dan operasi yang saling berhubungan yang melibatkan desain, pemilihan material, perencanaan, produksi manufaktur, *quality assurance*, manajemen dan pemasaran produk manufaktur dalam industri. Manufaktur merupakan transformasi dari material hingga suatu item yang memiliki nilai lebih dari pengolahan suatu proses, serta perakitan. Poin yang menjadi kunci dalam manufaktur yaitu proses penambahan nilai terhadap material dengan mengubah bentuk dan properti atau mengkombinasikan dengan material yang lain (Groover M. P., 2010). Pada gambar 2.8 ditunjukkan gambaran proses manufaktur dalam perspektif teknologi:



Gambar 2. 8 Proses Manufaktur dalam perspektif Teknologi
Sumber : (Groover M. P., 2001)

2.3 Kualitas

Kualitas menurut definisi tradisional yaitu suatu bentuk kesesuaian dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. Definisi tersebut berdasarkan 2 aspek yaitu kualitas desain dan kualitas kesesuaian. Kualitas produk mengalami peningkatan

persyaratan kepresisian produk oleh *customer* perusahaan. Persyaratan tinggi tersebut terjadi terutama pada produk otomotif, medis, mesin, dan industri peralatan. Persyaratan presisi yaitu produk memiliki toleransi rendah dengan keakuratan yang tinggi dan fungsi performansi yang optimal. (Wagner, 2018)

Sedangkan kualitas dalam definisi modern yaitu berbanding terbalik dengan variabilitas (Montgomery, 2009). Berikut ini merupakan beberapa dimensi kualitas (Montgomery, 2009):

1. *Performance* : Dimensi performance dapat dinilai dari apakah produk dapat melakukan spesifikasi pekerjaan yang seharusnya.
2. *Reliability* : Dimensi reliability dapat diidentifikasi dari seberapa sering produk mengalami kegagalan.
3. *Durability*: Dimensi *durability* menunjukkan berapa lama produk produk bertahan. Untuk produk automobile merupakan produk dengan dimensi kualitas yang sangat penting terhadap *customer*.
4. *Serviceability*: Dimensi ini dapat dinilai dari seberapa mudah untuk memperbaiki sebuah produk.
5. *Aesthetics* : Dimensi ini berkaitan dengan tampilan dari sebuah produk, bagaimana tampak fisik (visual) dari sebuah produk seperti warna, bentuk, dan alternatif *packaging*.
6. *Features*: Fitur merupakan hal yang menjadi fungsi lebih dari sebuah produk.
7. *Percieved Quality*: Dimensi ini berkaitan dengan reputasi dari perusahaan dan produk. Banyak customer melihat reputasi perusahaan dalam mempertimbangkan sebuah produk. Reputasi dapat dipengaruhi oleh kegagalan produk yang dapat mengakibatkan *product recall*. Dimensi ini juga berpengaruh terhadap kesetiaan *customer*.

2.3.1 Terminologi Kualitas

Dalam proses produk terdapat sejumlah elemen yang dinilai oleh konsumen sebagai kualitas. Elemen tersebut terdiri dari 3 hal, yaitu (Montgomery, 2009):

1. Fisik: Elemen fisik terdiri dari ukuran panjang, berat, voltase dan viskositas.
2. Sensor: Elemen sensor berkaitan dengan rasa, penampilan, warna.
3. Orientasi Waktu: keandalan, ketahanan, serta kemudahan suatu produk untuk diservis.

Quality Engineering merupakan serangkaian aktivitas operasional, manajerial yang digunakan perusahaan untuk memastikan bahwa karakteristik kualitas suatu produk memiliki tingkat variabilitas yang minimum.

Karakteristik suatu kualitas sering dievaluasi relatif terhadap spesifikasi. Spesifikasi merupakan ukuran yang diinginkan untuk karakteristik kualitas komponen dan *subassembly* yang membentuk suatu produk. Suatu nilai dari pengukuran yang sesuai dengan keinginan merupakan *target value*. Suatu target maksimum dalam batas spesifikasi kualitas disebut *Upper Specification Limit* (USL) sedangkan suatu target terkecil atau nilai minimum yang diperbolehkan dalam karakteristik kualitas disebut *Lower Specification Limit*.

2.3.2 Metode Statistik untuk *Quality Control*

Dalam proses pembuatan produk, untuk dapat meningkatkan kualitas, diperlukan suatu metode yang sesuai. Metode yang sering digunakan diantaranya yaitu metode statistik yang memiliki peran utama dalam upaya perbaikan kualitas yang biasa dikenal dengan metode *Statistical Process Control* (SPC).

2.3.2.1 *Statistical Process Control*

Statistical Process Control merupakan metode yang berguna dalam penyelesaian masalah dalam meraih kapabilitas proses dan perbaikan kapabilitas dengan mengurangi variabilitas. Terdapat beberapa tools dasar yaitu histogram, *check sheet*, *pareto chart*, *cause and effect diagram*, *defect concentration*

diagram, scatter diagram, dan control chart. Berikut merupakan pemaparan dari masing-masing tools tersebut (Montgomery, 2009):

a. *Check Sheet*

Tahap awal dari proses perbaikan, yaitu mengumpulkan informasi mengenai data dari sebuah proses. *Check sheet* digunakan dalam menyimpulkan data historis dari produk cacat. Dalam merancang *check sheet*, perlu melakukan spesifikasi data yang harus dikumpulkan, jumlah part atau operasi, tanggal, analisis, serta informasi yang berhubungan dengan penyebab dari kinerja yang buruk. Berikut merupakan contoh *check sheet* historis produk cacat pada kertas yang ditunjukkan pada tabel 2.1:

Tabel 2. 1 Contoh *Check Sheet*

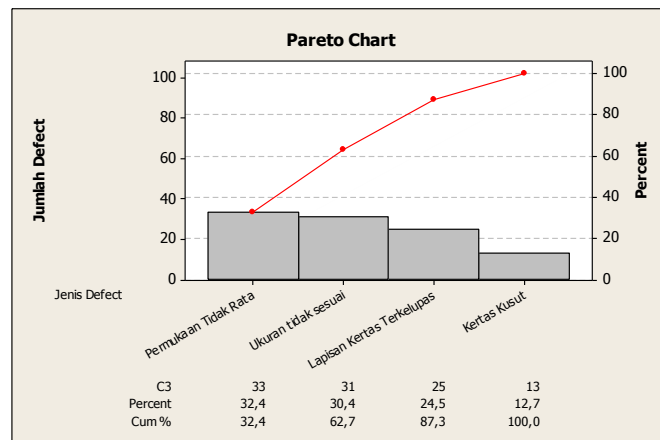
Kertas ke-	Ketentuan Keliling	Keliling	Keliling Berlebih (>8 cm)	Keliling Lebih Kecil (<8 cm)	Ada Tonjolan	Ada Cekungan
1	8 cm	8,20	v	—	v	—
2	8 cm	7,70	—	v	—	v
3	8 cm	8,10	v	—	—	—
4	8 cm	8,00	—	—	—	—
5	8 cm	8,00	—	—	v	v
6	8 cm	8,00	—	—	—	—
7	8 cm	8,05	v	—	—	—
8	8 cm	8,10	v	—	—	—
9	8 cm	8,10	v	—	—	—
10	8 cm	8,10	v	—	v	—
11	8 cm	8,00	—	—	—	v
12	8 cm	8,00	—	—	v	—
13	8 cm	8,10	v	—	v	v
14	8 cm	8,10	v	—	v	—
15	8 cm	7,80	—	v	—	v
16	8 cm	8,00	—	—	v	—
17	8 cm	8,00	—	—	—	—
18	8 cm	8,00	—	—	—	—
19	8 cm	8,15	v	—	—	—
20	8 cm	8,00	—	—	—	—

b. Diagram Pareto

Diagram pareto digunakan untuk mengetahui distribusi frekuensi dari data yang dikelompokkan berdasarkan kategori. Dalam pembuatan diagram pareto, perlu mempertimbangkan banyaknya cacat, serta total frekuensi tiap cacat yang terjadi. Berdasarkan hasil yang diolah dari diagram pareto, perusahaan dapat

dengan mudah melakukan identifikasi tipe cacat yang paling sering terjadi.

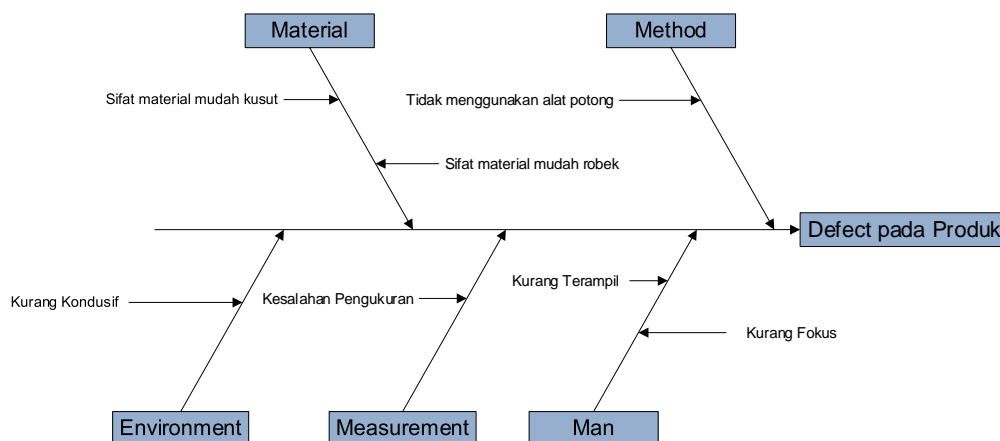
Gambar 2.9 berikut merupakan contoh diagram pareto:



Gambar 2. 9 Contoh Diagram Pareto

c. Fishbone Diagram

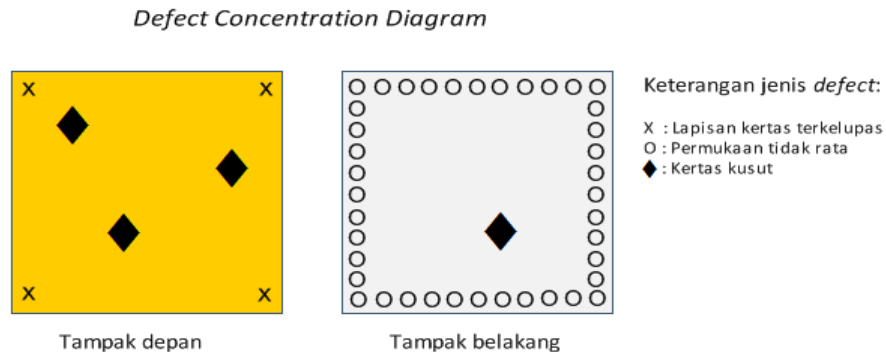
Fishbone diagram merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengidentifikasi penyebab yang potensial. Langkah-langkah yang dilakukan dalam pembuatan diagram ini yaitu mendefinisikan masalah yang akan dianalisis, menganalisis penyebab yang potensial. Adapun macam penyebab tersebut terdiri dari 5M yaitu *machines, materials, methods, measurement, man*. Gambar 2.10 berikut merupakan contoh gambar dari *fishbone diagram*:



Gambar 2. 10 Fishbone Diagram Penyebab Produk Cacat

d. Defect Concentration Diagram

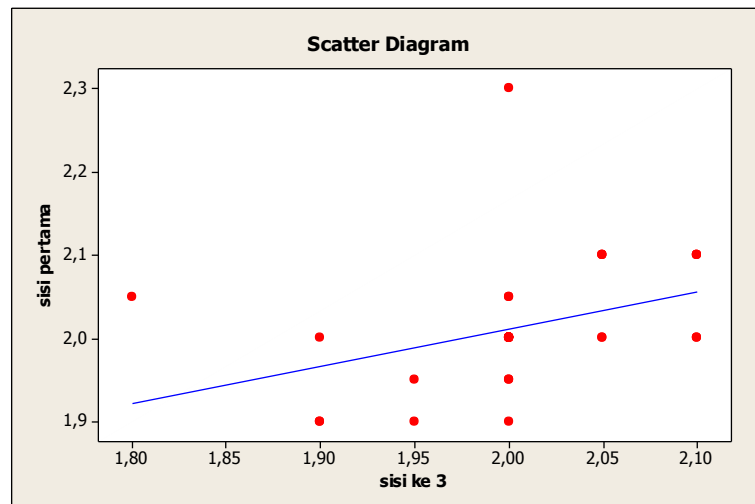
Diagram ini menggambarkan variasi tipe dari cacat yang terjadi pada sebuah gambar atau diagram. Penggambaran tersebut digunakan untuk menentukan dimana lokasi cacat yang terjadi dan berbagai informasi yang berkaitan dengan penyebab dari cacat. Contoh gambar dari *defect concentration diagram* ditunjukkan pada gambar 2.11 berikut ini :



Gambar 2. 11 *Defect Concentration Diagram*

e. *Scatter Diagram*

Scatter Diagram dilakukan dalam mengidentifikasi hubungan antara dua variabel. Data yang dikumpulkan terdiri dari dua pasang variabel. Diagram ini mengindikasikan adanya tipe hubungan yang terjadi diantara dua variabel. Pada gambar 2.12 ditunjukkan contoh dari *scatter diagram*:



Gambar 2. 12 *Scatter Diagram*

f. Histogram

Histogram merupakan grafik batang yang menunjukkan frekuensi dari data. Metode ini memberikan cara yang mudah dalam mengevaluasi distribusi dari data. Dalam membuat histogram, langkah pertama yang dilakukan yaitu mengumpulkan data dan menggolongkannya pada beberapa kategori selanjutnya, memberikan tipe data menjadi independen dan dependen. Contoh dari histogram ditunjukkan pada gambar 2.13 berikut ini:



Gambar 2. 13 Contoh Histogram

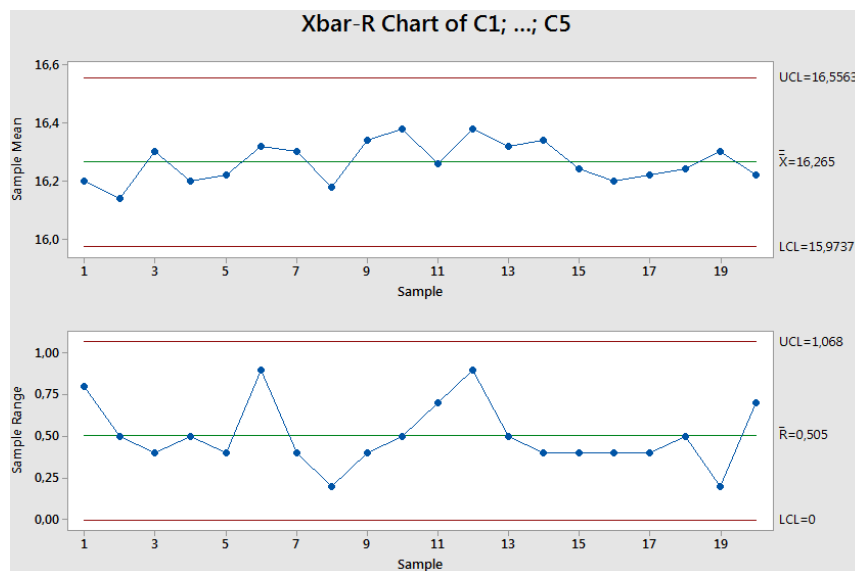
g. Control Chart

Dalam metode *Statistical Process Control* teknik yang diterapkan yaitu *control chart*. *Control chart* menunjukkan rata-rata pengukuran karakteristik kualitas dalam suatu *sample* yang diambil dari sebuah proses. Beberapa faktor mengapa *control chart* banyak diaplikasikan dalam pengendalian kualitas yaitu:

- *Control chart* terbukti dapat meningkatkan produktivitas. Dalam penerapannya, *control chart* dapat mengurangi jumlah *scrap* dan *rework*, sehingga produktivitas meningkat, biaya yang dikeluarkan pada proses pengendalian kualitas menurun, kapasitas produksi meningkat.
- *Control chart* merupakan teknik yang efektif dalam mencegah cacat.

- *Control chart* dapat mencegah proses penyesuaian yang tidak perlu dilakukan.
- *Control chart* memberikan informasi diagnostik pada pola titik sample. Informasi ini memberikan arahan implementasi untuk memperbaiki kinerja proses.
- *Control chart* memberikan informasi mengenai kapabilitas proses. *Control chart* memberikan informasi mengenai nilai penting pada parameter proses.

Control Chart yang ditunjukkan memiliki *Center Line* (rata-rata karakteristik kualitas), *Upper Control Limits* (batas atas) dan *Lower Control Limit* (batas bawah). *Control chart* sangat bermanfaat dalam memonitoring sebuah proses. Dalam sebuah proses, ketika terdapat adanya variabilitas pada proses, maka rata-rata sampel akan berada pada luar *control limits*. Maka dari itu, penerapan *control chart* sangat sistematis untuk dapat mengurangi variabilitas. Pada gambar 2.14 ditunjukkan contoh dari *control chart* :



Gambar 2. 14 *Control Chart*

Dalam pembuatan *control chart*, model umum untuk menggambarannya menggunakan Model Shewhart. Berikut merupakan rumus perhitungan pada batas kontrol proses:

$$UCL = \mu_w + L\sigma_w$$

$$Center Line = \mu_w$$

$$LCL = \mu_w - L\sigma_w$$

Di mana, w merupakan nilai sampel, μ_w merupakan rata-rata sampel, dan σ_w merupakan standar deviasi.

Control chart memiliki fungsi sebagai alat dalam estimasi parameter proses. Control chart terdiri dari dua jenis yaitu *variable control chart*, dan *attribute control chart*. *Variable control charts* untuk tendensi terpusat dan variabilitas. Sedangkan *attribute control chart* digunakan untuk mengetahui karakteristik kualitas, jumlah *conforming* dan *nonconforming product*.

2.3.3 Aspek Manajemen dalam *Quality Control*

Sistem manajemen dalam sebuah organisasi diatur untuk dapat mengarah dalam peningkatan kualitas dan memastikan penyebarannya dalam seluruh aspek bisnis. Manajemen kualitas yang efektif melibatkan tiga aktivitas yaitu perencanaan kualitas, *quality assurance*, dan pengendalian kualitas dan perbaikan. Berikut merupakan pemaparan dari ketiga aktivitas tersebut:

1. Perencanaan kualitas: Merupakan aspek strategis yang dapat memengaruhi kesuksesan suatu bisnis dalam jangka panjang. Perencanaan kualitas melibatkan beberapa hal yaitu mengidentifikasi *customer* serta mengidentifikasi kebutuhan *customer*.
2. *Quality assurance*: Serangkaian aktivitas yang bertujuan untuk menjamin kualitas produk serta layanan. Dokumentasi sistem kualitas melibatkan empat komponen yaitu: kebijakan, prosedur, instruksi kerja, dan spesifikasi.
3. Pengendalian kualitas dan perbaikan: Melibatkan serangkaian aktivitas yang digunakan untuk memastikan bahwa produk dan layanan jasa memenuhi persyaratan dan dilakukan perbaikan yang berkelanjutan.

2.3.4 Total Quality Management

Total Quality Management (TQM) merupakan strategi untuk menerapkan dan mengatur aktivitas perbaikan kualitas. Suatu organisasi yang mengimplementasikan pendekatan TQM pada perbaikan kualitas memiliki tim yang memiliki inisiatif terhadap strategi kualitas, tenaga kerja yang fokus terhadap suatu kegiatan produksi, serta tim lintas fungsi yang menangani kualitas tertentu dalam perbaikan.

Beberapa faktor yang mengakibatkan penerapan TQM kurang maksimal yaitu kurangnya komitmen dalam tim serta keterlibatan *top level management*, penggunaan metode statistik yang tidak memadai, terdapat banyak penekanan pada pelatihan dibandingkan dengan pendidikan teknis.

2.3.5 Biaya Kualitas

Biaya kualitas merupakan suatu alat untuk mengendalikan aspek keuangan untuk manajemen dan untuk mengidentifikasi peluang dalam mengurangi biaya kualitas. Berikut ini beberapa faktor mengapa biaya kualitas harus dipertimbangkan dalam suatu organisasi:

1. Adanya peningkatan biaya kualitas dikarenakan peningkatan kompleksitas produk terkait dengan kemajuan teknologi.
2. Peningkatan akan kesadaran *life-cycle costs* yang terdiri dari biaya pemeliharaan, suku cadang, dan *failure cost*.
3. Manager pada divisi kualitas dapat mengkomunikasikan permasalahan kualitas dengan cara yang mudah di mengerti oleh suatu manajemen.

Pada tabel 2.2, ditunjukkan pemaparan dari keempat jenis biaya kualitas:

Tabel 2. 2 Biaya Kualitas

Prevention Cost	Internal Failure Cost	Appraisal Costs	External Failure Costs
Perencanaan kualitas	<i>Scrap</i>	Pengujian dan inspeksi pengadaan material	<i>Complaint adjustment</i>
Review produk baru	<i>Rework</i>	Pengujian dan inpeksi produk	Pengembalian produk/material

Prevention Cost	Internal Failure Cost	Appraisal Costs	External Failure Costs
Perancangan produk/proses	<i>Retest</i>	Penggunaan material dan jasa	Biaya garansi
Pengendalian proses	Analisis kegagalan produk	Penjagaan keakuratan alat uji	<i>Liability costs</i>
<i>Burn-in</i>	<i>Downtime</i>		Biaya tidak langsung
<i>Training</i>	<i>Yield losses</i>		
Analisis dan akuisisi data kualitas	<i>Downgrading (off-specing)</i>		

Sumber: (Montgomery, 2009)

Berdasarkan tabel di atas, dapat diketahui bahwa biaya kualitas diklasifikasikan menjadi empat jenis. Berikut merupakan penjelasan dari biaya kualitas dari masing-masing jenis:

2.3.5.1 Prevention Cost

Preventive cost merupakan suatu upaya dalam perancangan dan proses manufaktur untuk dapat mencegah ketidaksesuaian produk terhadap spesifikasi. Biaya pencegahan terdiri dari:

- Perencanaan kualitas : Biaya yang memiliki keterkaitan dengan kualitas mulai dari perencanaan inspeksi, perencanaan perawatan, kegiatan *quality-assurance*, serta biaya audit sistem.
- Review* produk baru : Biaya review produk baru mencakup biaya proposal, evaluasi desain baru melalui sudut pandang kualitas, sertamengevaluasi kinerja produk baru.
- Perancangan produk/ proses: Biaya yang dikeluarkan selama proses perancangan produk atau pemilihan proses produksi untuk meningkatkan kualitas produk secara keseluruhan.
- Pengendalian proses: Biaya pada pengendalian proses seperti *control chart*, yang memiliki fungsi dalam memonitor proses manufaktur sebagai upaya variasi dan membangun kualitas pada produk.
- Burn-in*: Biaya operasi sebelum produk dikirimkan untuk mencegah kegagalan produk saat penjualan.

- f. *Training* : Biaya yang dikeluarkan untuk pengembangan, persiapan, implementasi, operasi, pemeliharaan untuk program pelatihan demi peningkatan kualitas.
- g. Analisis dan Akuisisi Data Kualitas: Biaya yang dikeluarkan dalam memperoleh data kinerja dari sebuah proses, serta biaya dalam menganalisis data untuk mengidentifikasi permasalahan, termasuk menyimpulkan serta menyampaikan informasi mengenai kualitas kepada manajemen.

2.3.5.2 *Appraisal Costs*

Appraisal costs (biaya penilaian) merupakan biaya yang berkaitan dengan pengukuran, evaluasi sebuah produk, komponen, dan pengadaan material untuk memastikan kesesuaian terhadap standard yang telah ditentukan. Berikut merupakan pemaparan dari biaya penilaian:

- a. Inspeksi dan Pengujian Material: Biaya yang berkaitan dengan inspeksi serta pengujian dari material. Hal lain yang berkaitan dari pengujian material yaitu mengevaluasi kinerja dari vendor yang merupakan pihak yang memiliki tugas dalam pengadaan material.
- b. Inspeksi dan Pengujian Produk: Biaya yang berkaitan dengan pengecekan kesesuaian produk melewati berbagai tahap manufaktur hingga tahap pengujian akhir, pengepakan, hingga pengiriman serta berbagai pengujian produk saat sampai pada tangan *customer*.
- c. Penggunaan Material dan Jasa: Biaya material dan produk yang digunakan dalam tes destruktif sehingga dapat diketahui uji keandalan suatu produk dan material.
- d. Penjagaan keakuratan alat uji: Biaya yang digunakan mengoperasikan sistem yang membuat alat dan peralatan dalam kalibrasi.

2.3.5.3 *Internal Failure Costs*

Internal failure costs merupakan suatu biaya yang dikeluarkan apabila suatu produk, komponen, material, dan jasa yang tidak memenuhi persyaratan kualitas. Suatu kegagalan ditemukan sebelum produk atau jasa disampaikan kepada *customer*. Biaya kegagalan internal meliputi:

- a. *Scrap* : Merupakan kerugian yang diakibatkan adanya produk cacat yang tidak dapat dilakukan perbaikan.
- b. *Rework*: Biaya dalam memperbaiki suatu unit yang tidak memenuhi spesifikasi sehingga perlu dilakukan pengerjaan ulang termasuk operasi tambahan dalam proses manufaktur.
- c. *Retest* : Biaya pengulangan inspeksi dan pengujian produk yang telah dilakukan pengerjaan ulang atau mengalami modifikasi.
- d. *Failure Analysis* : Biaya yang terjadi akibat dari kegagalan sebuah produk.
- e. *Downtime*: Biaya hasil proses yang lebih rendah dari yang mungkin dapat dicapai dengan peningkatan pengendalian.
- f. *Downgrading*: Terdapat perbedaan harga dari harga penjualan yang normal dan harga jual untuk produk yang tidak memenuhi persyaratan *customer*. Sehingga produk yang telah terjual tidak memiliki kontribusi penuh terhadap *profit margin* yang seharusnya dikarenakan produk yang dihasilkan tidak memenuhi spesifikasi.

2.3.5.4 *External Failure Costs*

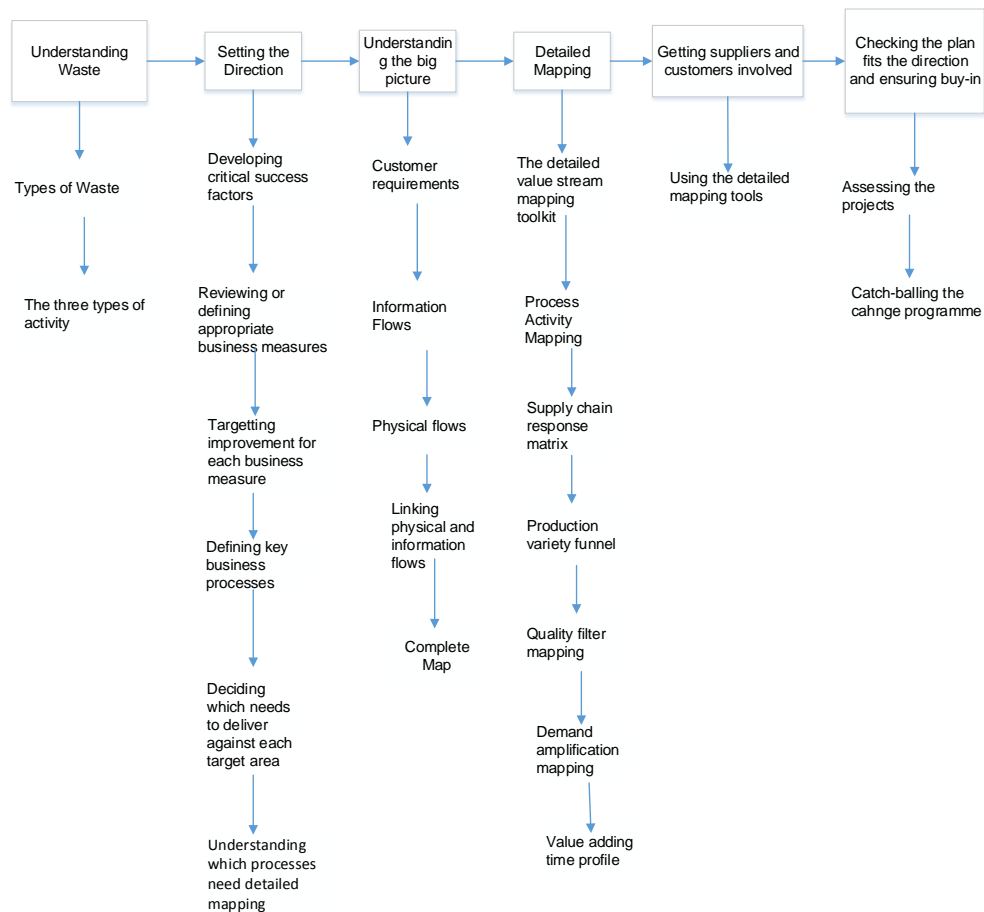
Biaya ini terjadi apabila produk yang sampai ke tangan customer tidak memenuhi kepuasan *customer*. Biaya kegagalan eksternal ini meliputi

- a. *Complaint adjustment*: Biaya dari penyesuaian dari keluhan yang disebabkan karna produk tidak sesuai standard.
- b. *Returned product/ material*: Biaya yang terkait dengan penanganan dan penggantian produk yang dikembalikan dari *customer*.
- c. Biaya garansi: Biaya yang termasuk dalam pelayanan servis terhadap *customer* sesuai dengan kontrak garansi.

- d. *Liability Costs*: Biaya yang berasal dari pertanggungjawaban produk.
- e. *Indirect cost*: Biaya tak langsung terjadi apabila terdapat ketidakpuasan pelanggan terhadap kualitas produk yang telah dikirim.

2.4 *Lean Manufacturing*

Dalam penerapan *lean*, perusahaan perlu untuk memahami pelanggan dan nilainya. Untuk dapat memberikan kepuasan pada *customer*, perusahaan perlu untuk mengurangi *waste*. Pada gambar 2.15 berikut ditunjukkan framework dari *lean thinking* (Hines & Taylor, 2000):



Gambar 2. 15 *Framework Lean Thinking*

Proses *lean thinking* dimulai dari memahami tipe *waste*, mengatur arahan, memahami *big picture*, merinci pemetaan, melibatkan *customer* dan *supplier*, mengoreksi perencanaan apakah sesuai dengan arahan. Berikut ini merupakan pemaparan masing-masing langkah berdasarkan *framework* di atas.

2.4.1 Memahami Tipe Waste

Dalam penerapan *lean*, diperlukan pengurangan *waste* baik itu di dalam internal perusahaan maupun diantara perusahaan. 7 *wastes* yang diidentifikasi oleh Shigeo Shingo pada bagian Sistem Produksi Toyota. Berikut merupakan penjelasan dari 7 *wastes* tersebut:

- *Overproduction* : Produk/ komponen yang dihasilkan melebihi jumlah dari yang direncanakan. Hal ini dapat terjadi karena aliran informasi atau barang yang buruk dan kelebihan *inventory*.
- *Defects*: Jumlah kerusakan atau cacat pada produk sehingga tidak sesuai spesifikasi.
- *Unnecessary Inventory*: Terdapat kelebihan jumlah penyimpanan dan keterlambatan dari informasi produk, sehingga menyebabkan penambahan biaya dan penurunan pelayanan kepada *customer*.
- *Inappropriate Processing*: Terdapat waste proses berlebihan, yang seharusnya tidak perlu dilakukan. Hal tersebut dapat terjadi dalam kesalahan penggunaan alat, prosedur atau sistem.
- *Excessive Transportation*: Terdapat kelebihan pergerakan dari manusia, informasi maupun barang. Hal tersebut dapat berakibat pada pemborosan waktu, upaya dan biaya.
- *Waiting*: Waste yang terjadi akibat proses pengendalian kualitas terhenti atau tertunda karena tidak berfungsinya mesin/ alat untuk pengendalian kualitas. Hal ini dapat berakibat pada *lead times* yang panjang.
- *Unnecessary Motion* : Kategori waste yang terjadi akibat gerakan operator yang tidak perlu dan tidak memberikan nilai tambah.

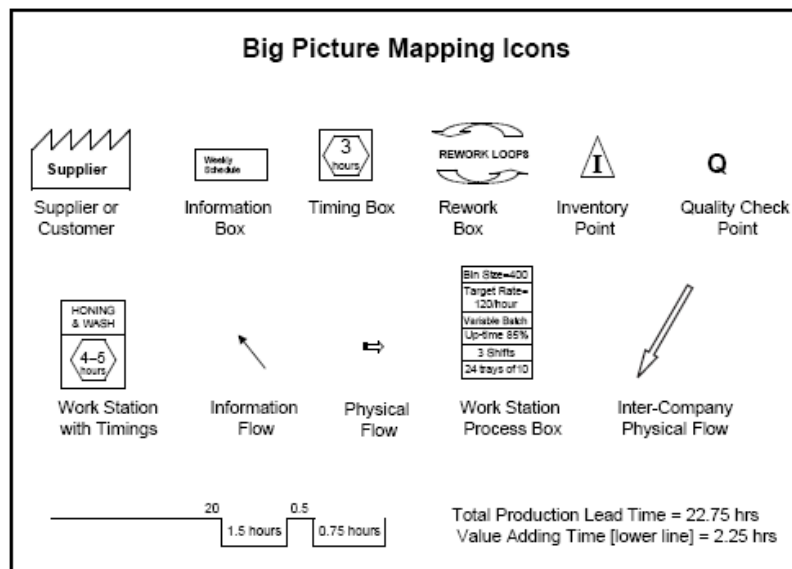
Dalam menentukan *waste*, perlu untuk mendefinisika tiga tipe aktivitas yang berbeda. Tipe aktivitas tersebut terdiri dari *value adding activity*, *non value adding activity*, dan *necessary non value adding activity*. Berikut merupakan pemaparan dari ketiga tipe aktivivtas tersebut:

- *Value adding activity* : aktivitas penambahan nilai produk atau jasa kepada pelanggan akhir.
- *Non value adding activity*: Aktivitas yang bukan merupakan penambahan nilai pada produk. Aktivitas tersebut merupakan *waste* yang perlu untuk dihilangkan.

- *Necessary non value adding activity*: Aktivitas di mata pelanggan akhir yang tidak memberikan nilai tambah pada produk atau servis namun butuh untuk dilakukan.

2.4.2 Memahami *Big Picture*

Big Picture Mapping merupakan suatu *tool* yang didapatkan dari Toyota. Dalam *big picture mapping*, terdapat beberapa *icon* yang mengilustrasikan apa yang terjadi pada proses. Pada gambar 2.16 ditunjukkan *icon* dari *big picture mapping*:



Gambar 2. 16 *Big Picture Mapping Icons*

Sumber: (Hines & Taylor, 2000)

Berikut merupakan pemaparan 5 fase dalam *big picture mapping*:

- Fase 1 Identifikasi Kebutuhan Pelanggan: Pada tahap ini dilakukan identifikasi produk apa yang akan dipetakan, berapa banyak produk yang diproduksi, berapa banyak *part* berbeda yang dibuat, berapa banyak produk yang dikirim, kemasan apa yang dibutuhkan, serta berapa banyak pengiriman yang dibutuhkan.
- Fase 2 Penambahan aliran informasi: Pada fase ini dilakukan informasi apa yang dipasok oleh pelanggan, berapa jumlah pesanan yang

ditentukan, tipe peramalan dan informasi yang diberikan kepada supplier.

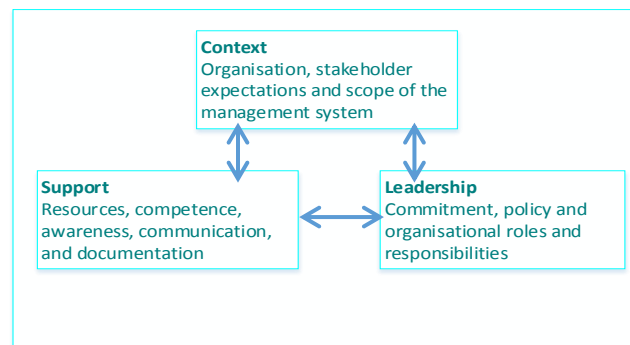
- Fase 3 Aliran Fisik: Pada fase ini dilakukan identifikasi untuk aliran bahan baku dan beberapa komponen, serta aliran fisik pada proses internal perusahaan.
- Fase 4 Menghubungkan Aliran Fisik dan Informasi: Pada fase dilakukan identifikasi keterkaitan antara aliran informasi dan aliran fisik.
- Fase 5 *Complete Map* : Untuk melengkapi pemetaan, perlu adanya informasi jadwal waktu pada tiap *lead time* produksi.

2.5 Analisis Risiko

Risiko merupakan peluang suatu kejadian terjadi yang dapat memengaruhi tujuan. Dalam manajemen risiko, terdapat beberapa pendekatan yang sesuai dan beberapa panduan yang berbeda. Salah satu panduan dalam manajemen risiko yaitu dengan pendekatan yang digunakan dalam ISO 31000:2018. ISO 31000 menyajikan rincian arahan dari proses perencanaan, implementasi, pengukuran, dan pembelajaran dari sistem manajemen risiko.

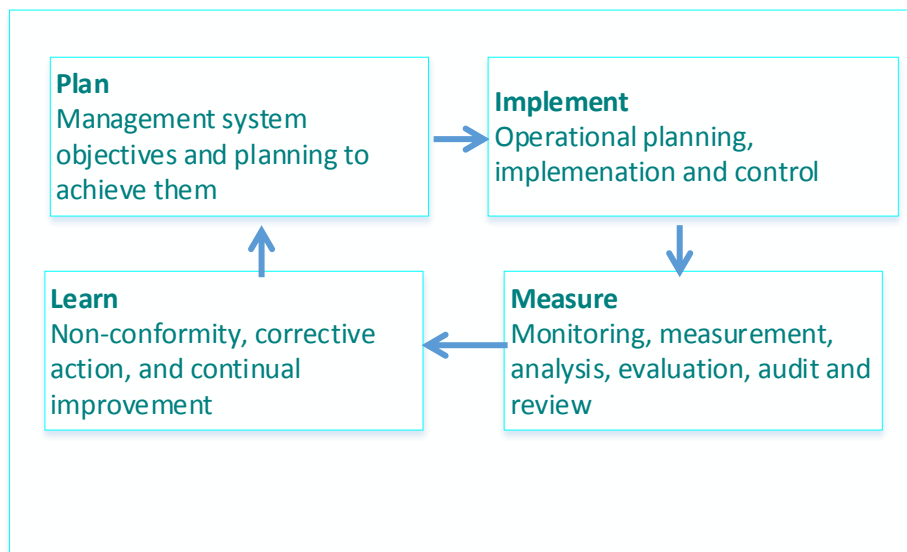
Suatu sistem manajemen merupakan kerangka dari kebijakan, proses, dan prosedur oleh organisasi untuk dapat meraih tujuan. Tujuan tersebut melingkupi seluruh aspek dari organisasi termasuk strategi, taktik, operasi, dan penyesuaian.

Dalam melakukan review ISO 31000, dilakukan pengelompokan komponen yang mempertimbangkan “*scope and design*”, dan komponen yang mempertimbangkan “*control and develop*” dalam sistem manajemen. Gambar 2.17 mengilustrasikan hubungan antara tiga komponen dalam kelompok “*scope and design*”.



Gambar 2. 17 *Scope and Design* ISO 31000

Komponen Annex SL yang sesuai dengan *scope and design* adalah *context*, *leadership*, dan *support*. Gambar 2.18 mengilustrasikan hubungan antara empat komponen “*control and develop*”:

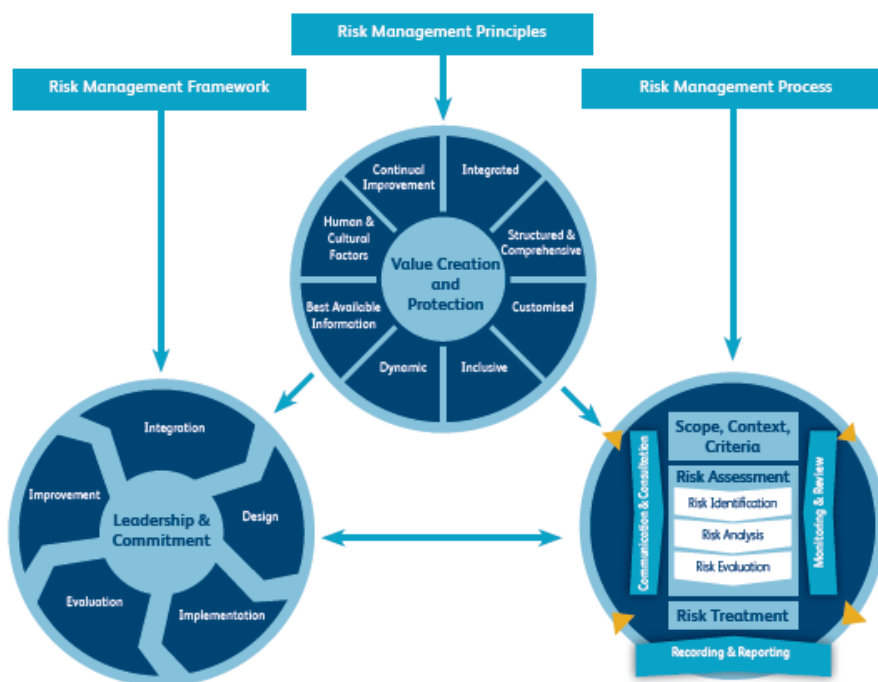


Gambar 2. 18 Komponen *Control and Develop* dalam Sistem Manajemen

Control and Develop terbagi menjadi empat komponen diantaranya yaitu perencanaan, implementasi, pengukuran, dan pembelajaran.

2.5.1 Struktur dan Pendekatan dari ISO 31000

ISO 31000 menyarankan manajemen risiko yang efektif dikarakterisasi oleh prinsip, kerangka, dan proses. Pendekatan ini memberikan arahan yang dapat digunakan oleh seseorang yang membuat dan menjaga nilai dalam sebuah organisasi dengan manajemen risiko, membuat keputusan, mengatur dan meraih tujuan serta memperbaiki kinerja. Arahan tersebut dapat diterapkan pada seluruh tipe dan ukuran organisasi dan relevan terhadap seluruh faktor eksternal dan internal serta pengaruh. Manajemen risiko merupakan bagian dari kepemimpinan dan merupakan dasar dalam bagaimana organisasi diatur pada seluruh level. Gambar 2.19 menunjukkan prinsip, kerangka, serta proses manajemen risiko dari ISO 31000:



Gambar 2. 19 Prinsip, Kerangka, dan Proses Manajemen Risiko dari ISO 31000

2.5.2 Pedoman Prinsip dalam ISO 31000

ISO 31000 menunjukkan tujuan dari manajemen risiko yaitu membuat dan menjaga nilai. Berikut merupakan delapan prinsip dalam ISO 31000:

1. Kerangka dan proses harus disesuaikan dan proporsional
2. Keterlibatan *stakeholder* yang tepat dan tepat waktu sangat diperlukan.
3. Diperlukan pendekatan yang terstruktur dan komprehensif.

4. Manajemen risiko merupakan bagian integrasi dari seluruh kegiatan dalam organisasi.
5. Manajemen risiko mengantisipasi, mendeteksi, mengakui dan menanggapi perubahan.
6. Manajemen risiko secara eksplisit mempertimbangkan keterbatasan informasi yang ada.
7. Faktor manusia dan budaya memengaruhi semua aspek dalam manajemen risiko.
8. Manajemen risiko terus ditingkatkan melalui pembelajaran dan pengalaman.

2.6 Pengembangan Model *Seven Tools of Quality Control, Lean Manufacturing*, dan Analisis Risiko

Pada bagian ini akan dipaparkan mengenai definisi dari metode *seven tools of quality control*, *lean manufacturing*, serta analisis risiko, implementasi dari ketiga metode tersebut, keterbatasan metode, kelebihan dan kekurangan metode, serta manfaat metode.

2.6.1 Pemaparan Metode *Quality Control, Lean Manufacturing*, serta Analisis Risiko

Bagian ini akan membahas mengenai definisi masing-masing metode *seven tools of quality control, lean manufacturing*, serta analisis risiko.

2.6.1.1 *Seven Tools of Quality Control*

Seven tools of quality control merupakan suatu perangkat alat dalam proses pengendalian kualitas yang dapat digunakan untuk meningkatkan performansi proses produksi dari tahap pertama memproduksi produk atau jasa hingga tahap akhir produksi (Neyestani, 2017). Metode statistik dasar sangat diperlukan pada organisasi atau perusahaan untuk dapat berkembang pada puncak keunggulan. *Seven tools of quality control* memungkinkan manajer untuk

merencanakan sasaran total *quality control* yang luas dan terperinci (V. Jayakumar, 2017).

Dalam penerapannya, *seven tools of quality control* sangat bermanfaat dan efektif dalam mengidentifikasi dan menghilangkan produk cacat dalam sebuah proses manufaktur. Metode ini sangat berkontribusi pada setiap tahap pada proses dalam menghilangkan cacat (Muhammad, 2015). Pengendalian kualitas statistik sangat penting dilakukan untuk memastikan bahwa terdapat beberapa prosedur dan pengaturan kerja berjalan secara efektif dan efisien dalam proses statistik, meminimasi risiko dari *error* dan kelemahan dari prosedur atau sistem. Penggunaan *tools* ini dapat meningkatkan performansi dari tim, pemecahan masalah, serta melakukan perencanaan yang tepat (Magar, 2014). Untuk dapat memudahkan proses pengendalian kualitas, penerapan *seven tools of quality control* sangat diperlukan. Penerapan dari metode ini memungkinkan proses peningkatan kualitas yang sukses. Metode *seven tools* merupakan hal penting dalam pengumpulan data, analisis, visualisasi, dan membuat dasar yang kuat untuk pengambilan keputusan berdasarkan data. (Chauhan, 2013)

Seven tool of quality telah diterapkan secara luas di berbagai jenis industri untuk mendapatkan gambaran kondisi kualitas dan perbaikan yang diperlukan. Perbaikan yang dimaksud adalah sebagai wujud penerapan filosofi *continuous improvement* yang merupakan prasyarat dalam klausul terkini ISO 9001:2008 Edisi standar Sistem Manajemen Kualitas. *Continuous Improvement* dapat dijabarkan dalam sebuah siklus ***Plan Do Check Action*** (PDCA) di mana hasil dari pemetaan dengan menggunakan *Seven tools* merupakan tahapan *Check* sebagai mekanisme indikator hasil pelaksanaan tahapan ***Do*** yang telah dilakukan. Apabila dirinci menurut masing-masing fungsi, *check sheet* – sebagai gambaran peta *defect* dalam periode waktu, *pareto chart* – sebagai gambaran peta persebaran frekuensi/kumulatif jenis-jenis *defect* berdasarkan urutan kontribusi yang signifikan, histogram – sebagai gambaran pengelompokan jenis-jenis *defect* (dalam hal ini histogram dan *pareto chart* sebenarnya dapat digabungkan), *cause and effect diagram* – pemetaan sumber masalah dari berbagai jenis *defect*, *defect concentration diagram* – sebagai gambaran visual posisi *defect* dominan yang ada

pada produk, *scatter diagram* – sebagai gambaran potensi hubungan/pengaruh antar variabel sebagai faktor kualitas, serta *control chart* – pemetaan pemenuhan karakteristik kualitas untuk setiap output produk. Secara keseluruhan aktivitas penggambaran *seven tools of quality*, selanjutnya akan menjadi pijakan untuk melakukan **Action improvement** yang perlu dilakukan serta **Plan** perubahan mekanisme yang perlu dilakukan sebagai wujud kontinuitas sebuah siklus PDCA. Dalam industri kereta api, keberadaan *defect* akan memberikan kontribusi negatif yang sangat signifikan dikarenakan industri ini membutuhkan modal yang sangat besar – sebagai contoh 1 gerbong dapat memiliki nilai jual 5 miliar rupiah. Lebih lanjut, kebutuhan *rework* sebagai salah satu penyelesaian masalah *defect* (pada beberapa bagian part) juga merupakan masalah yang besar dikarenakan kebutuhan dana proses tambahan maupun keterlambatan penyelesaian proses akan sangat merugikan. Dengan demikian setiap penelusuran kemungkinan masalah yang menimbulkan *defect* maupun rekomendasi perbaikan akan sangat bernilai.

2.6.1.2 *Lean Manufacturing*

Lean manufacturing merupakan suatu sistem sosio-teknis yang memiliki tujuan utama dalam mengeliminasi *waste*. *Lean* juga berfokus dalam memelihara aktivitas yang merupakan nilai tambah dan mengurangi aktivitas yang tidak memiliki nilai tambah. *Lean manufacturing* didorong oleh permintaan pelanggan, hal tersebut dapat berdampak pada proses bisnis yang seharusnya berjalan (Anvari, 2011). *Lean* merupakan sebagai pendekatan sistematis dalam mengidentifikasi dan menghilangkan *waste* melalui proses perbaikan yang berkelanjutan, aliran produk ditujukan berdasarkan pelanggan untuk dapat mencapai kesempurnaan (NIST, 2000)

Kesuksesan dan kegagalan dalam penerapan *lean manufacturing* dapat dipengaruhi oleh kurangnya komitmen dari *top management*, kurangnya karyawan yang berkualitas, serta kurang adanya bimbingan dalam penerapan *lean manufacturing* (T. Ferreira, 2015). Prinsip dari penerapan *lean* yaitu mendefinisikan nilai produk atau jasa oleh pelanggan, kemudian dilakukan

pembuatan aliran serta upaya peningkatan untuk meningkatkan kesempurnaan dengan memilah aktivitas nilai tambah, dan tidak bernilai tambah.

Salah satu elemen mayor yang dipertimbangkan dalam implementasi *lean manufacturing* yaitu *value stream mapping* yang mendefinisikan setiap aktivitas termasuk aktivitas *value added* dan *non-value-added activity* yang diperlukan dalam mengubah *raw material* menjadi produk jadi melalui pemetaan proses dan arus informasi penting untuk setiap produk (R. Sundar, 2014).

Konsep *Lean Manufacturing* juga mengedepankan masalah *continuous improvement*, terutama apabila dilihat dari keberadaan lima pilar berikut ini.

- a. *Understand customers and what they value* – yang merupakan karakteristik nilai kualitas, dapat juga berupa titik pertemuan antara nilai yang ditawarkan perusahaan dengan kebutuhan *customer*
- b. *Define the internal value stream* – yang merupakan gambaran menterjemahkan karakteristik nilai kualitas ke dalam proses pembuatan produk mulai dari perencanaan, penerimaan bahan baku sampai dengan finished product dapat sampai kepada *customer*
- c. *Eliminate waste, make information & products flow, pulled by customer needs* – yang merupakan proses identifikasi *waste* (aktivitas/proses yang tidak memberikan nilai tambah) serta bagaimana proses eliminasi dan konsekuensi aliran produk/informasi berdasarkan kebutuhan *customer* yang ditentukan oleh karakteristik kualitas
- d. *Extend the definition of value outside your own company* – yang merupakan penanaman nilai-nilai penting kepada lini terkait di luar perusahaan antara lain *supplier*
- e. *Continually aim for perfection* – yang merupakan aktivitas evaluasi untuk menilai kondisi saat ini dan apa yang menjadi target di masa mendatang sebagai langkah *continuous improvement*

Industri kereta api dengan *customer* yang cenderung seragam sebagai *customer* utama (operator perkeretaapian) dan beragam *customer* sebagai *customer* pemakai jasa transportasi (penumpang) dapat menerapkan konsep lima

pilar dalam dua sisi *customer* – operator perkeretaapian dalam hal kemudahan pengoperasian dan pemeliharaan dan penumpang dalam hal kenyamanan dan keunggulan desain. Selanjutnya nilai utama ini dapat diturunkan antara lain dalam kecepatan penggerak kereta, kekuatan sambungan, kekokohan dinding serta pemeliharaan mesin dan berbagai panel elektronik (bagi operator). Sedangkan bagi penumpang adalah antara lain kenyamanan tempat duduk, desain interior dan desain kaca jendela untuk menikmati pemandangan di luar. Pelaksanaan kelima pilar yang dimaksud membutuhkan peran dari perencana produksi, penerimaan material sampai dengan serah terima produk kepada customer dan layanan purna jual. Basis proyek pada produksi mengharuskan industri kereta api untuk benar-benar melakukan kelima pilar dalam lingkup proyek yang bersangkutan saja. Tetapi tidak menutup kemungkinan hal ini dapat dipakai untuk proyek yang lain.

2.6.1.3 Analisis Risiko

Risiko merupakan sesuatu yang terjadi pada suatu organisasi yang dipengaruhi oleh faktor internal dan eksternal yang tidak pasti dan berpengaruh terhadap tujuan perusahaan. ISO 31000 merupakan panduan dalam penerapan risiko yang memiliki tiga elemen yaitu prinsip, kerangka kerja, proses. Kerangka kerja merupakan pengaturan sistem manajemen risiko secara terstruktur dan sistematis pada seluruh organisasi.

Konsep Manajemen Risiko berdasarkan ISO 31000 dapat dipandang sebagai sebuah proses *continuous improvement* dimana setiap nilai risiko yang ditetapkan dan dapat dipakai sebagai evaluasi lanjutan apakah tindak perbaikan selanjutnya dapat menurunkan nilai risiko yang dimaksud dalam aplikasi di industri kereta api dengan waktu proses yang panjang dan produk yang kompleks tentunya akan memiliki ragam risiko yang cukup banyak dan akan sangat bernilai apabila dalam proses yang panjang tersebut ragam risiko yang telah diidentifikasi dapat diturunkan nilainya. Atau perbaikan/mitigasi risiko dapat berdampak pada nilai sejenis pada kegiatan *project* (pembuatan kereta api selalu berbasis proyek) selanjutnya. Penurunan nilai risiko atau bahkan eliminasi nilai risiko memberikan

kontribusi nyata akan antisipasi munculnya biaya-biaya tambahan yang tidak perlu ataupun biaya pencegahan risiko yang terlalu tinggi.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

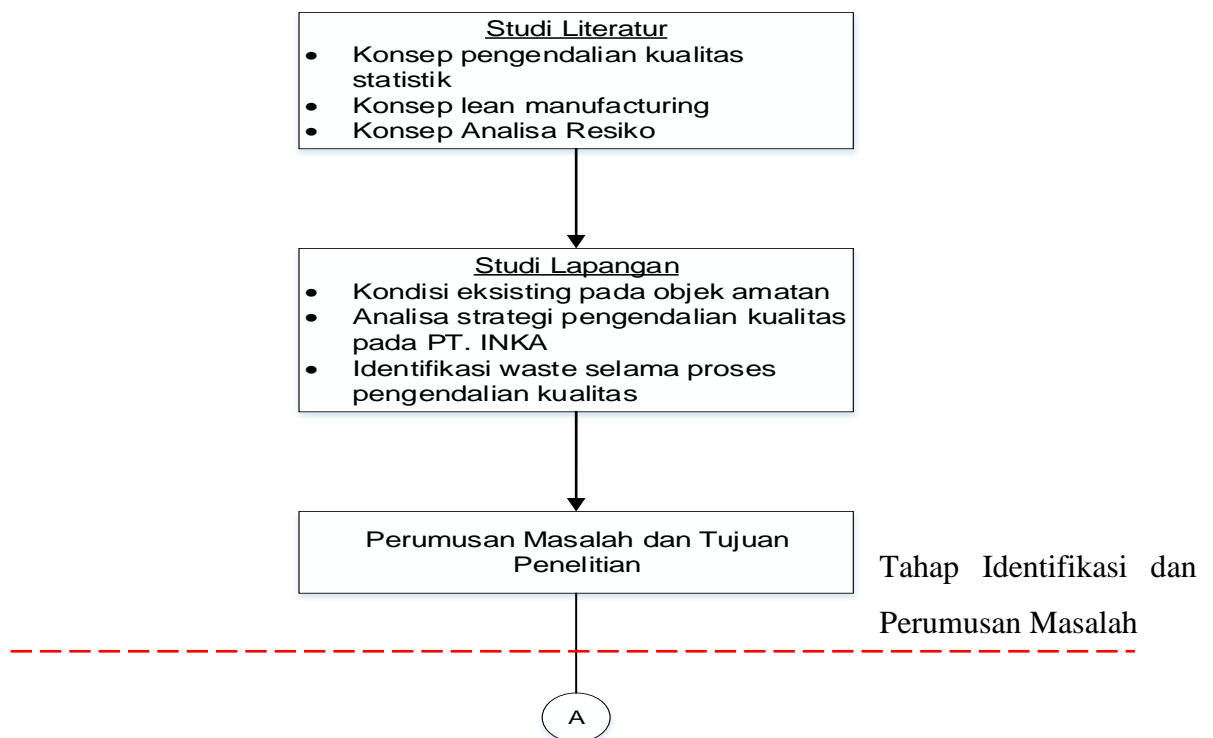
BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

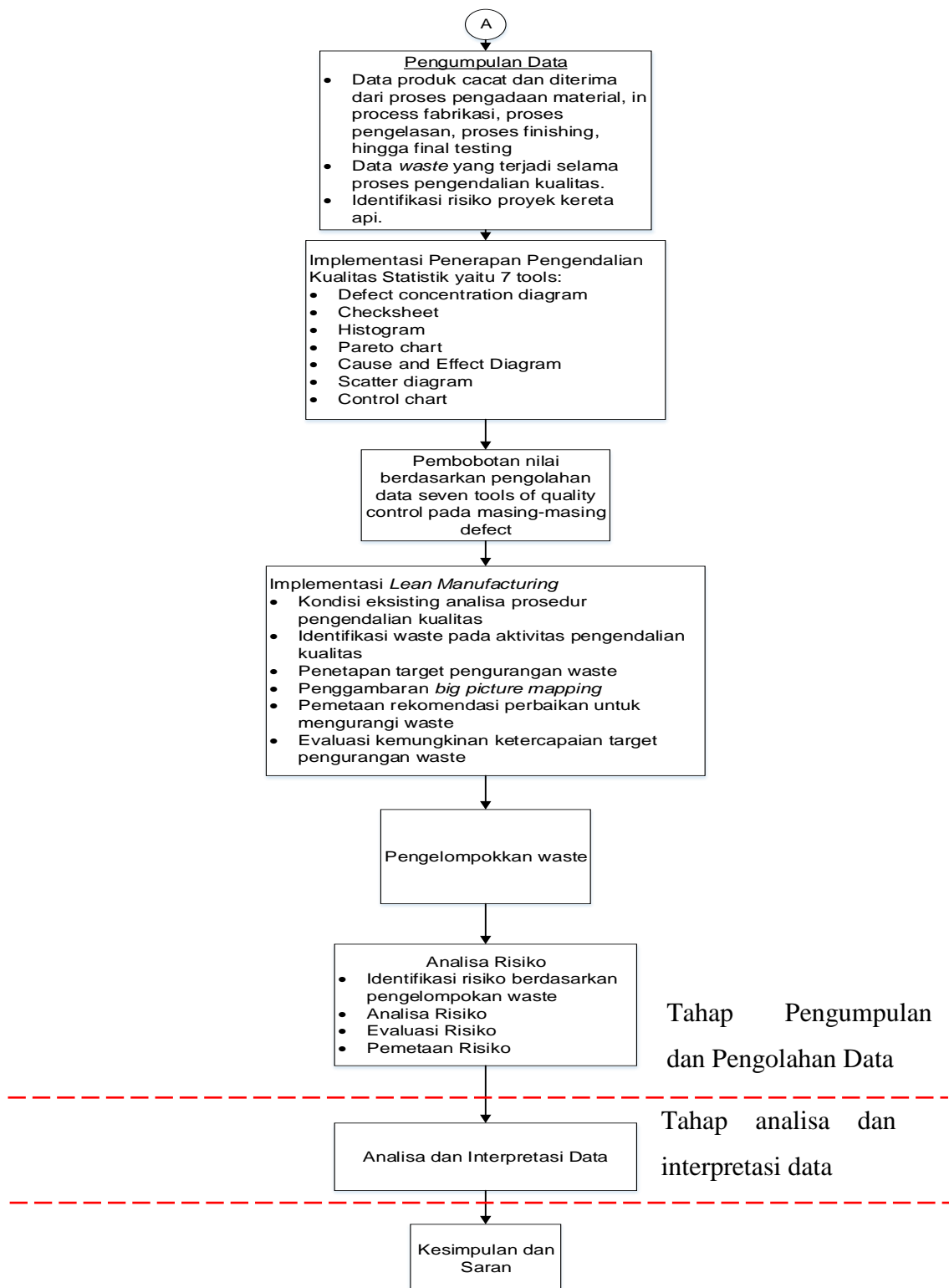
Pada bab ini akan diuraikan tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian sebagai acuan dalam pengerjaan penelitian. Langkah-langkah pelaksanaan penelitian ini dapat pada *flowchart* berikut ini.

3.1 *Flowchart* Metodologi Penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahap yaitu tahap identifikasi dan perumusan masalah, tahap pengumpulan dan pengolahan data, tahap analisis dan interpretasi, serta tahap kesimpulan dan saran. Pemaparan dari masing-masing tahap tersebut, ditunjukkan pada diagram alir pada gambar 3.1 berikut ini:



Gambar 3. 1 *Flowchart* Metodologi Penelitian



Gambar 3. 2 *Flowchart* Metodologi Penelitian (lanjutan)

3.2 Penjelasan *Flowchart*

Berikut ini akan dipaparkan mengenai tahapan penelitian yang akan dilakukan.

3.2.1 Tahap Identifikasi dan Perumusan Masalah

Pada tahap ini, dilakukan beberapa langkah yang terdiri dari identifikasi masalah, studi literatur, perumusan masalah dan tujuan dari penelitian. Berikut merupakan pemaparan dari masing-masing langkah tersebut:

a) Studi Literatur

Studi literatur dilakukan sebagai acuan dasar pada pelaksanaan penelitian. Adapun literatur yang digunakan berasal dari kumpulan sumber referensi seperti buku, jurnal, penelitian sebelumnya yang memiliki keterkaitan dengan penelitian ini, referensi data perusahaan terdahulu. Teori yang menjadi dasar penelitian ini diantaranya yaitu *seven tools of quality*, *lean manufacturing*, analisis risiko.

b) Studi Lapangan

Untuk mengetahui kondisi eksisting pada objek amatan penelitian yang terkait, peneliti perlu untuk melakukan studi lapangan. Kemudian akan dilakukan analisis penelitian terkait dengan kondisi eksisting perusahaan. Kondisi eksisting objek penelitian akan menjadi dasar dari analisis yang akan dilakukan pada penelitian ini. Studi lapangan dilakukan untuk mengetahui permasalahan dari proses pengendalian kualitas, gambaran umum, identifikasi cacat produk serta penyebabnya, serta melakukan identifikasi *waste*. Hal ini dilakukan dengan cara pengamatan langsung, wawancara, serta mengumpulkan data perusahaan.

c) Perumusan Masalah dan Tujuan Penelitian

Setelah dilakukan studi literatur, dan studi lapangan, selanjutnya adalah merumuskan masalah dan menentukan tujuan dari penelitian yang akan dilakukan. Tujuan dari penelitian harus ditentukan dengan jelas agar proses penelitian dapat dilakukan secara terfokus. Adapun permasalahan yang akan diselesaikan dalam

penelitian ini yaitu mengenai masalah jumlah cacat produk dari proses pengadaan material yang berpengaruh terhadap peningkatan biaya dan tingkat kepuasan dari *customer*.

3.2.2 Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pada tahap ini dilakukan studi lapangan, pengumpulan data pada kondisi eksisting industri kereta api serta pengolahan data dengan menerapkan integrasi *seven tools of quality*, *lean thinking*, dan manajemen risiko.

a) Pengumpulan Data

Data yang diperlukan untuk dapat dilakukan analisis yaitu kondisi eksisting dari proses inspeksi dan proses pengendalian kualitas industri kereta api. Adapun data-data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Tahapan alur inspeksi dan pengujian terhadap material, komponen, sub-bagian produk, hingga produk jadi dari proses pengadaan material hingga *final testing*.
- Data berupa jumlah produk cacat serta produk yang lolos uji dari tahap pengadaan material hingga *final testing*.

b) Integrasi *Seven Tools of Quality*, *Lean Manufacturing*, dan Analisis Risiko

Setelah melakukan proses pengumpulan data, maka selanjutnya dilakukan pengolahan data berdasarkan data serta kumpulan informasi yang telah didapatkan. Strategi pengendalian kualitas yang diterapkan pada penelitian ini yaitu *seven tools* untuk mengidentifikasi jumlah dan faktor penyebab jumlah kecacatan produk. Disamping itu, juga dilakukan pengaplikasian *lean thinking*, serta analisis risiko pada proses pengendalian kualitas. Integrasi antara ketiga metode ini diharapkan agar industri kereta api dapat mendapatkan kualitas produk terbaik dengan meminimasi jumlah cacat serta *waste* yang terjadi selama proses. Berikut merupakan pemaparan pengolahan data beserta metode yang diaplikasikan:

a. *Seven tools*:

Pada tahap ini dilakukan penerapan salah satu metode pengendalian kualitas untuk merancang perbaikan terhadap faktor penyebab adanya cacat pada produk. *Seven tools* tersebut terdiri dari:

1. *Check sheet* merupakan kumpulan data cacat yang memiliki fungsi untuk menetapkan data penelitian. Kumpulan data tersebut selanjutnya dilakukan stratafikasi. Stratafikasi merupakan data pengelompokan kedalam kategori tertentu untuk mengetahui sumber penyebab masalah.
2. Histogram, yang merupakan suatu diagram yang menunjukkan penyebaran suatu proses. Pencatatan data produk pada diagram histogram berdasarkan karakteristik kualitas yang ada pada *checksheet*. Histogram menunjukkan kecacatan produk yang paling dominan dengan jumlah cacat paling tinggi.
3. *Pareto chart* merupakan diagram yang memiliki fungsi dalam menstratafikasi data kedalam jenis cacat dari yang terbesar hingga terkecil. *Output* dari pengolahan data pada diagram pareto yaitu dapat diketahui penyebab cacat yang terbesar. *Output* tersebut nantinya menjadi dasar pengolahan pada *cause and effect diagram* agar dapat diketahui secara rinci mengenai detail penyebab dari cacat yang teridentifikasi.
4. *Fishbone Diagram*, merupakan diagram yang memiliki fungsi untuk mengidentifikasi dan menganalisis suatu proses dan menentukan penyebab suatu masalah yang terjadi.
5. *Scatter Diagram* menunjukkan hubungan antara dua variabel. Hubungan dua variabel tersebut contohnya yaitu identifikasi hubungan antara kecepatan produksi dengan jumlah cacat.
6. *Control chart*, merupakan diagram yang menunjukkan apakah kondisi produk yang mengalami cacat masih dalam batas standar atau telah melebihi standar.
7. *Defect Concentration Diagram*, merupakan diagram yang menunjukkan variasi tipe cacat pada sebuah gambar. Diagram ini digunakan untuk menentukan letak cacat pada produk.

- b. Pembobotan Nilai *Defect* berdasarkan Pengolahan Data menggunakan *Seven Tools of Quality Control*

Sebelum melakukan pengolahan data menggunakan metode *lean manufacturing*, dilakukan penilaian tiap *defect* berdasarkan pengolahan data menggunakan *seven tools of quality control*. Penilaian tersebut didasarkan pada jumlah defect pada komponen, jumlah faktor penyebab cacat, banyaknya cacat yang mencapai jumlah kumulatif 80%, serta banyaknya data *outlier*. *Output* dari tahapan ini yaitu pada *defect* yang memiliki nilai terbesar merupakan *defect* yang memiliki dampak signifikan terhadap kerugian. *Defect* tersebut akan dilakukan pengolahan data lebih lanjut menggunakan *lean manufacturing*.

- c. *Lean Manufacturing*

Berikut merupakan pemaparan dari langkah yang akan dilakukan dengan pendekatan *lean manufacturing*:

1. *Big Picture Mapping*, merupakan suatu *tool* untuk memberikan gambaran mengenai aliran fisik dari sistem serta aliran informasi, untuk mengidentifikasi letak terjadinya *waste*.
2. Melakukan wawancara untuk mengidentifikasi *waste* serta perencanaan target untuk pengurangan frekuensi *waste*.

- d. Pengelompokan *Waste*

Waste yang telah teridentifikasi pada pengolahan data sebelumnya akan dilakukan pengelompokan berdasarkan *waste* yang sejenis. Hal ini nantinya menjadi dasar dalam identifikasi risiko. Pengelompokan dilakukan karena beberapa *waste* memiliki penanganan serta mitigasi yang sama, sehingga manajemen risiko dapat dilakukan dengan efektif.

- e. Analisis Risiko pada *Waste* yang terjadi pada Tiap Proses Pengendalian Kualitas

Langkah pertama dalam manajemen risiko yaitu melakukan penentuan konteks yang akan diidentifikasi. Hal tersebut dibutuhkan agar terdapat batasan dalam mengidentifikasi risiko. Tahap selanjutnya yaitu melakukan identifikasi, menganalisis risiko yang mungkin terjadi dan mengevaluasi risiko. Dengan pertimbangan kondisi eksisting industri kereta api, maka dapat dilakukan penetapan keputusan perusahaan untuk menerima atau menghindari risiko tersebut.

3.2.3 Tahap Analisis dan Interpretasi Data

Pada tahap ini hasil pengolahan data akan dianalisis. Hasil analisis dapat digunakan untuk mendapatkan evaluasi mengenai strategi pengendalian kualitas selama proses pengadaan material hingga purna jual. Dari hasil analisis data tersebut, peneliti dapat memberikan rekomendasi mengenai perbaikan kondisi eksisting untuk langkah strategis perusahaan dalam mengembangkan produk.

3.2.4 Kesimpulan dan Saran

Tahap terakhir dari penelitian ini adalah penarikan kesimpulan dari hasil pengumpulan, pengolahan dan analisis terhadap data penelitian. Tahap saran akan memaparkan saran untuk penelitian selanjutnya.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 4

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini akan memaparkan mengenai pengumpulan serta pengolahan data dengan menerapkan metode *seven tools of quality control*, *lean manufacturing*, dan analisis risiko.

4.1 Gambaran tentang Kualitas di Industri Kereta Api

Industri kereta api menerapkan sistem mutu berbasis ISO 9001. Sistem tersebut dilakukan dalam upaya meningkatkan kualitas proses, produk maupun pelayanan. Salah satu proses bisnis yang memiliki peranan penting dalam peningkatan kualitas dan untuk meminimalisir produk cacat yaitu proses pengendalian kualitas. Proses tersebut dilakukan dari proses pengadaan material, proses fabrikasi, proses *minor dan sub assembly*, *carbody assembly*, proses *finishing*, proses pengujian akhir. Setelah seluruh proses tersebut dilakukan, maka dilakukan proses pengiriman produk kepada *customer*. Setelah produk telah sampai ke tangan *customer*, maka selanjutnya dilakukan pemberian layanan purna jual yang meliputi pendampingan operasional produk, *monitoring* produk selama masa garansi, serta penanganan kepuasan pelanggan.

4.2 Pengolahan Data Menggunakan *Seven Tools of Quality Control*

Pada bagian ini akan dilakukan pengolahan data dengan penerapan *seven tools of quality control*. Pengolahan data dilakukan terhadap seluruh sub divisi dari *Quality Control* yang terdiri dari *incoming material* hingga *final testing* untuk dapat mengetahui gambaran kondisi eksisting kualitas dari salah satu proyek kereta api, identifikasi penyebab cacat yang terjadi, dan perbaikan yang perlu dilakukan. Adapun tujuh alat dasar tersebut terdiri dari *check sheet*, *scatter diagram*, *control chart*, histogram, *pareto chart*, *fishbone diagram*, *defect concentration diagram*. Adapun data yang dipergunakan pada *seven tools* adalah data contoh. Berikut merupakan pengolahan data dari masing-masing *tools* tersebut.

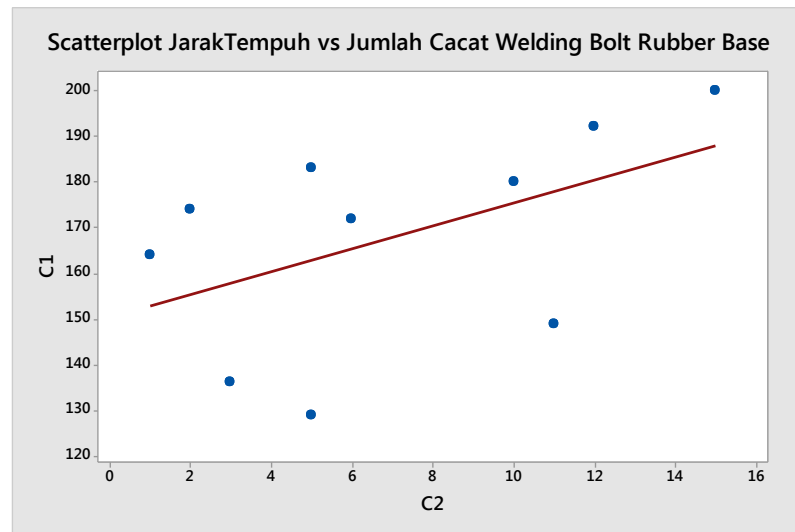
4.2.1 *Check Sheet*

Check sheet merupakan suatu alat untuk mengelompokan data cacat pada kategori-kategori tertentu. Dengan *check sheet*, dapat diketahui frekuensi seberapa sering suatu cacat terjadi. Pada bagian ini, data *check sheet* terdiri dari dua jenis; data variabel untuk klasifikasi cacat dengan pengukuran pada skala numerik seperti ukuran, berat, waktu, panjang, dan sebagainya, dan data atribut untuk data dengan karakteristik kualitas di mana nilai numerik tidak dipaparkan secara spesifik, sehingga hanya diketahui jumlah *defect* yang terjadi pada suatu material.

4.2.2 *Scatter Diagram*

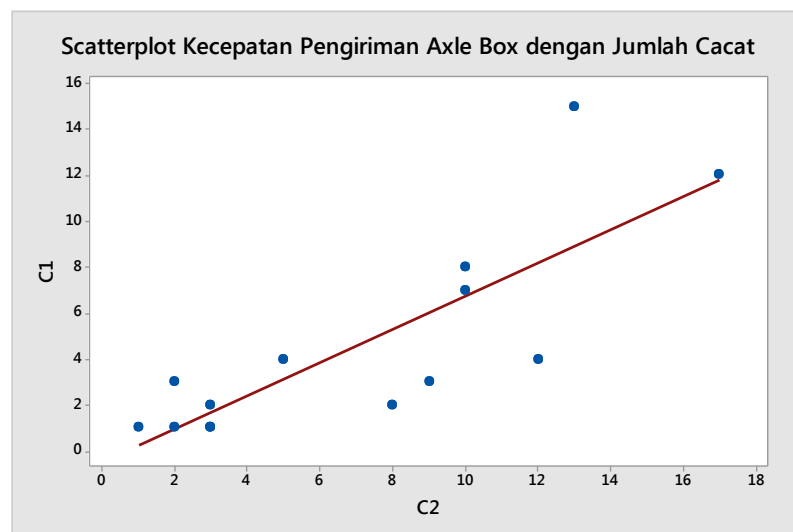
Scatter diagram menunjukkan keterkaitan hubungan antara dua variabel. Pada penelitian ini, dilakukan identifikasi hubungan beberapa variabel diantaranya yaitu hubungan antara jarak tempuh proses pengelasan dengan jumlah cacat pada *welding bolt rubber base* pada proses *incoming material*. Berdasarkan hasil dari *scatter* pada data ini, dapat diketahui performansi dari *supplier* serta evaluasi dari *supplier*, serta kecepatan pengiriman *guide rubber* dengan jumlah cacat, serta kecepatan pengiriman *axle box* dengan jumlah cacat pada *axle box*. Dalam hal ini, penelitian dilakukan pada proses perakitan pada *car body*. Gambar 4.3 merupakan hasil dari pengolahan data *scatter diagram* pada variabel jarak tempuh las dengan jumlah cacat pada *welding bolt rubber base*.

Scatter diagram di atas mengindikasikan terdapat korelasi positif yang kuat antara pengaruh jarak tempuh las dengan adanya cacat pada *welding bolt rubber base*. Seiring dengan jarak tempuh las yang semakin panjang, jumlah cacat pada *welding bolt rubber base* semakin bertambah.



Gambar 4. 3 *Scatter Diagram* Jarak Tempuh Las dengan Jumlah Cacat *Welding Bolt Rubber Base*

Gambar 4.4 menunjukkan korelasi hubungan kecepatan pengiriman *axle box* dengan jumlah cacat:

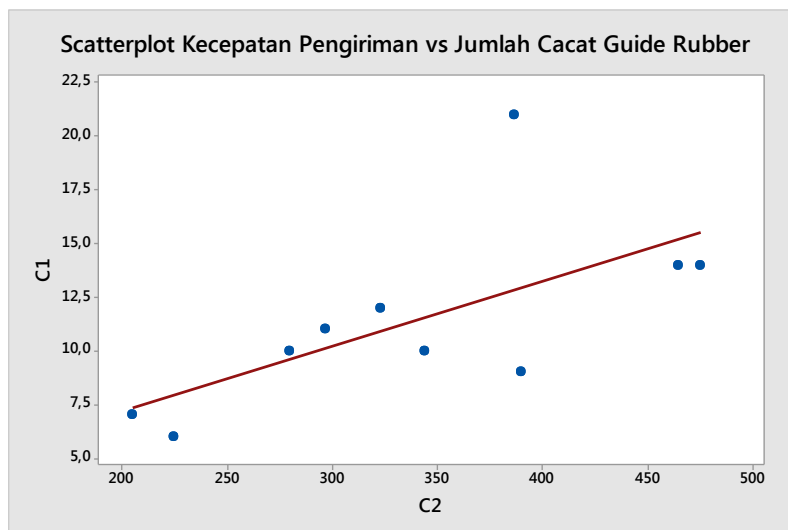


Gambar 4. 4 *Scatter Diagram* Kecepatan Pengiriman *Axle Box* dengan Jumlah Cacat

Gambar di atas menunjukkan terdapat korelasi positif antara variabel kecepatan pengiriman *axle box* dengan jumlah cacat yang terjadi. Semakin lama

pengiriman barang, maka semakin berpengaruh terhadap peningkatan jumlah cacat pada *axle box*.

Sedangkan untuk korelasi antara kecepatan pengiriman *guide rubber* dengan tingkat cacat yang terjadi ditunjukkan pada gambar 4.5. Gambar tersebut menunjukkan terdapat hubungan korelasi positif antara kecepatan pengiriman dengan jumlah cacat pada *guide rubber*, jika semakin lama kecepatan pengiriman, maka semakin tinggi jumlah cacat. Adanya korelasi tersebut menunjukkan bahwa kecepatan serta ketepatan pengiriman dari *supplier* memiliki dampak terhadap cacat, maka untuk meminimalisir hal tersebut diperlukan koordinasi dengan *supplier* sehingga dapat mengirim barang dengan jumlah tepat dan cepat. Jumlah dan spesifikasi yang tepat dapat berdampak pada penghematan biaya kualitas pada pengembalian material.



Gambar 4. 5 *Scatter Diagram* Kecepatan Pengiriman *Guide Rubber* dengan Jumlah Cacat

4.2.3 *Control Chart*

Pengolahan data control chart pada bagian ini terbagi menjadi dua yaitu *attribute control chart* dan *variabel control chart*. Sedangkan untuk *variabel control chart* yang diterapkan pada inspeksi yang spesifik dengan skala numerik.

4.2.3.1 Control Chart Incoming Material

Pada bagian ini akan digambarkan mengenai *control chart* pada bagian *incoming material*. Data cacat yang terdapat pada proses *incoming material* yaitu data atribut yang memaparkan data jumlah cacat. Parameter yang perlu untuk ditentukan pada *fraction nonconforming chart* yaitu ukuran sampel, frekuensi sampling, serta lebar dari *control limits*. Dalam hal ini, pembuatan control chart pada proses *incoming material* didasarkan pada perhitungan data atribut yaitu control chart untuk fraksi *nonconforming*. Fraksi *nonconforming* tersebut diefinisikan sebagai perbandingan antara unit yang *nonconforming* terhadap jumlah sampel. Pada *control chart* menggambarkan sebuah karakteristik kualitas apakah melebihi batas standar atau telah sesuai. Berikut rumus untuk menghitung *upper, control limit, lower control limit, center line* dalam *Pchart*:

$$UCL = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \dots\dots\dots(4.1)$$

$$Center Line = \bar{p} \dots\dots\dots(4.2)$$

$$LCL = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \dots\dots\dots(4.3)$$

Keterangan:

\bar{p} : Fraksi sampel *nonconforming*

n : Ukuran sampel

A. Defect Mechanical Properties Axle Box

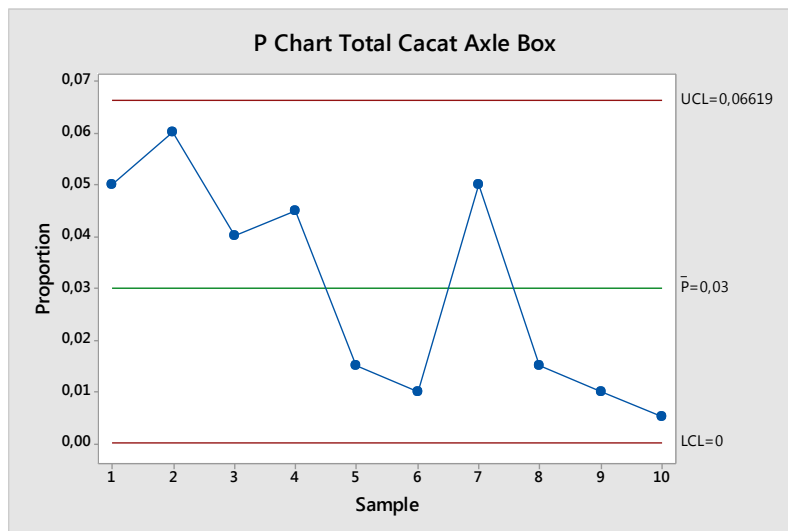
Axle box merupakan bagian dari kereta api yang memiliki fungsi sebagai tumpuan atau dudukan pegas pada bogie. *Axle box* dibuat dengan menerapkan metode pengecoran. Bahan material yang digunakan yaitu FCD 500 (JIS G5502). Pembuatan dari *axle box* terdiri dari perancangan pola, perancangan inti, serta metode pengecoran, pembuatan pola, pembuaan cetakan, pembuatan inti dengan pasir. Sebelum dilakukan pengiriman, *axle box* terlebih dahulu dilakukan pengujian antara lain uji metalografi, uji kekerasan, uji tarik, serta uji dimensi. Pada komponen ini, dilakukan pengujian spesifikasi material khususnya dengan

aspek *mechanical properties*. Ketidaksesuaian tersebut dapat menjadi dasar dalam mengevaluasi kinerja supplier selama proses produksi *axle box*. Dilakukan pengambilan sample sebanyak 10 kali, yaitu dua kali setiap bulan, dari Bulan Januari hingga Bulan Mei. Berdasarkan data cacat serta rumus 4.1,4.2,4.3 didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut untuk mengkonstruksi control chart:

$$UCL = 0,03 + 3 \sqrt{\frac{0,03(1-0,03)}{200}}$$

$$Center Line = \frac{0,05 + 0,06 + 0,04 + 0,04 + 0,01 + 0,01 + 0,05 + 0,01 + 0,01 + 0,00}{10} = 0,03$$

$$LCL = 0,03 - 3 \sqrt{\frac{0,03(1 - 0,03)}{200}} = 0$$



Gambar 4. 6 *P Chart Total Cacat Axle Box*

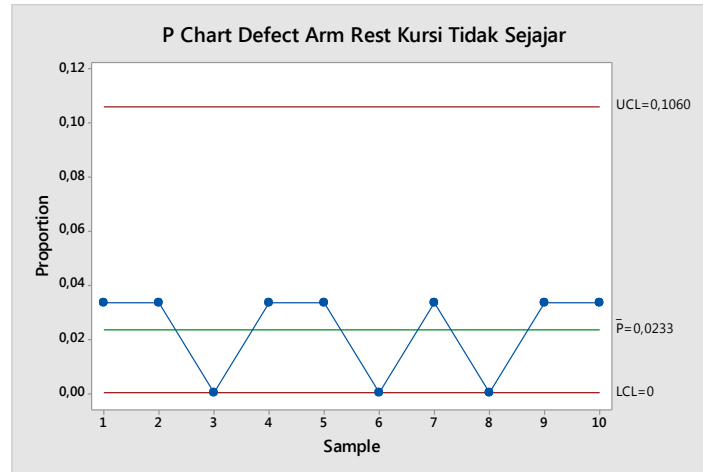
B. *Defect Arm Rest* Kursi Penumpang K3 (dua tempat duduk) Tidak Seajar

Bagian ini menampilkan pemaparan mengenai perhitungan dan penggambaran *control chart* dari *defect* pada *arm rest* kursi penumpang. Berdasarkan Rumus 4.1,4.2,4.3 didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut:

$$UCL = 0,023 + 3 \sqrt{\frac{0,023(1 - 0,023)}{30}} = 0,1060$$

$$Center Line = \frac{0,033 + 0,033 + 0 + 0,033 + 0,033 + 0 + 0,033 + 0 + 0 + 0,03}{10} = 0,023$$

$$LCL = 0,023 - 3 \sqrt{\frac{0,023(1 - 0,023)}{30}} = 0$$



Gambar 4. 7 *P Chart Defect Arm Rest Kursi Tidak Sejajar*

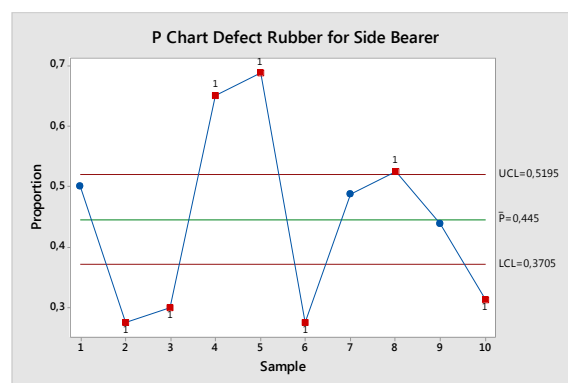
C. Ketidaksesuaian *Rubber for Side Bearer*

Tabel 4.15 akan menampilkan pemaparan mengenai jumlah dari cacat ketidaksesuaian *rubber for side bearer*. Berdasarkan Rumus 4.1,4.2,4.3 didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut:

$$UCL = 0,445 + 3 \sqrt{\frac{0,445(1 - 0,445)}{400}} = 0,5195$$

$$CL = \frac{0,5 + 0,275 + 0,3 + 0,65 + 0,6875 + 0,275 + 0,4875 + 0,525 + 0,4375 + 0,3125}{10} = 0,445$$

$$LCL = 0,445 - 3 \sqrt{\frac{0,445(1 - 0,445)}{400}} = 0,3705$$



Gambar 4. 8 *P Chart Defect Rubber for Side Bearer*

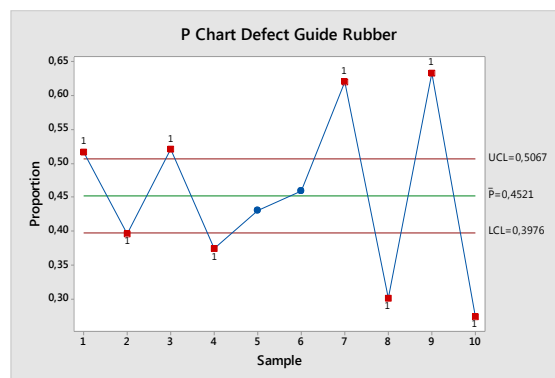
D. Ketidaksesuaian *Guide Rubber*

Bagian ini memaparkan mengenai jumlah dari cacat ketidaksesuaian *guide rubber*. Berdasarkan Rumus 4.1,4.2,4.3 didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut:

$$UCL = 0,4521 + 3 \sqrt{\frac{0,4521(1 - 0,4521)}{750}} = 0,5067$$

$$CL = \frac{0,516 + 0,396 + 0,52 + 0,3733 + 0,4306 + 0,4586 + 0,62 + 0,3 + 0,633 + 0,273}{10} = 0,4521$$

$$LCL = 0,4521 - 3 \sqrt{\frac{0,4521(1 - 0,4521)}{750}} = 0,3976$$



Gambar 4. 9 *P Chart Defect Guide Rubber*

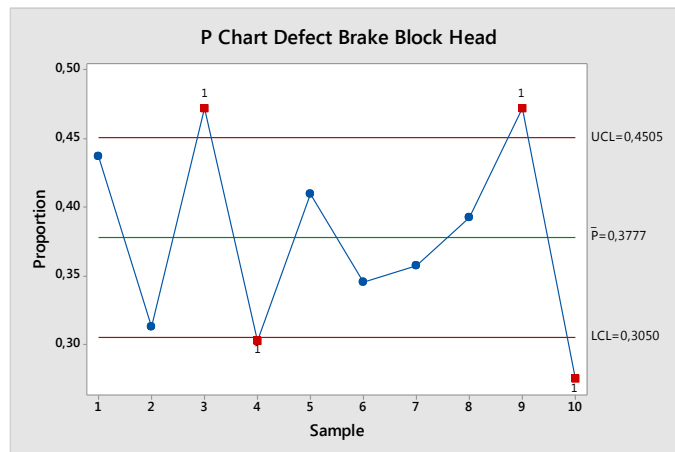
E. Ketidaksesuaian *Mechanical Properties Brake Block Head*

Bagian ini memaparkan mengenai jumlah dari cacat ketidaksesuaian *brake block head*. Berdasarkan Rumus 4.1,4.2,4.3 didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut:

$$UCL = 0,377 + 3 \sqrt{\frac{0,377(1 - 0,377)}{400}} = 0,45$$

$$CL = \frac{0,43 + 0,31 + 0,47 + 0,30 + 0,41 + 0,34 + 0,35 + 0,39 + 0,47 + 0,275}{10} = 0,38$$

$$LCL = 0,377 - 3 \sqrt{\frac{0,377(1 - 0,377)}{4505}} = 0,305$$



Gambar 4. 10 *P Chart Defect Brake Block Head*

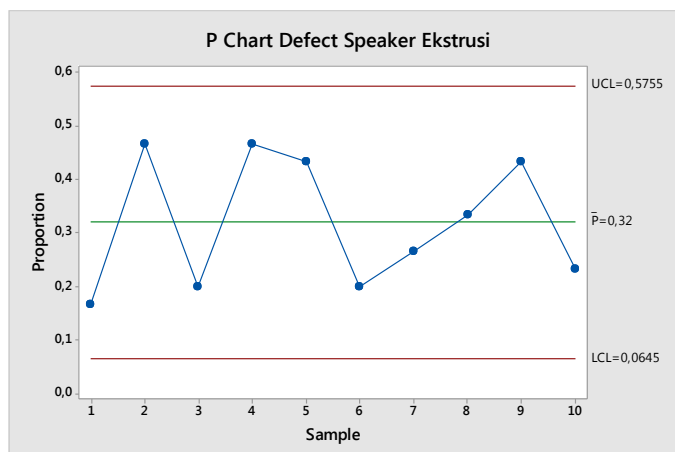
F. Kerusakan *Speaker* Ekstrusi

Bagian ini menunjukkan control chart *defect* dari kerusakan *speaker* ekstrusi. Berdasarkan Rumus 4.1,4.2,4.3 didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut:

$$UCL = 0,32 + 3 \sqrt{\frac{0,32(1 - 0,32)}{30}} = 0,58$$

$$CL = \frac{0,1667 + 0,4667 + 0,2 + 0,4667 + 0,433 + 0,2 + 0,2667 + 0,3333 + 0,4333 + 0,2333}{10} = 0,32$$

$$LCL = 0,32 - 3 \sqrt{\frac{0,32(1 - 0,32)}{30}} = 0,0645$$



Gambar 4. 11 *P Chart Defect Speaker Ekstrusi*

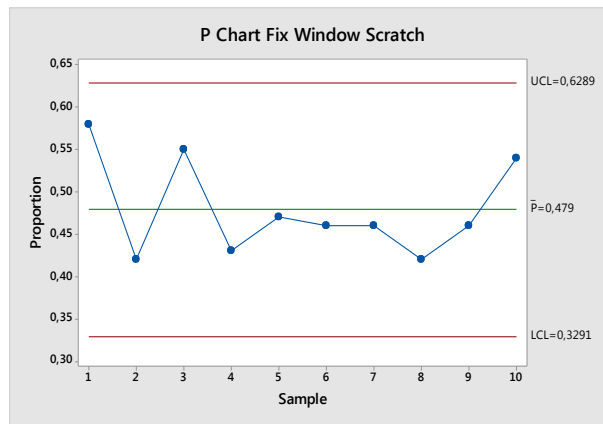
G. Fix Window Scratch

Bagian ini menunjukkan control chart *defect* dari *fix window scratch*. Berdasarkan Rumus 4.1,4.2,4.3 didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut:

$$UCL = 0,479 + 3 \sqrt{\frac{0,479(1 - 0,479)}{100}} = 0,63$$

$$CL = \frac{0,58 + 0,42 + 0,55 + 0,43 + 0,47 + 0,46 + 0,46 + 0,42 + 0,46 + 0,54}{10} = 0,48$$

$$LCL = 0,479 - 3 \sqrt{\frac{0,479(1 - 0,479)}{100}} = 0,33$$



Gambar 4. 12 *P Chart Fix Window Scratch*

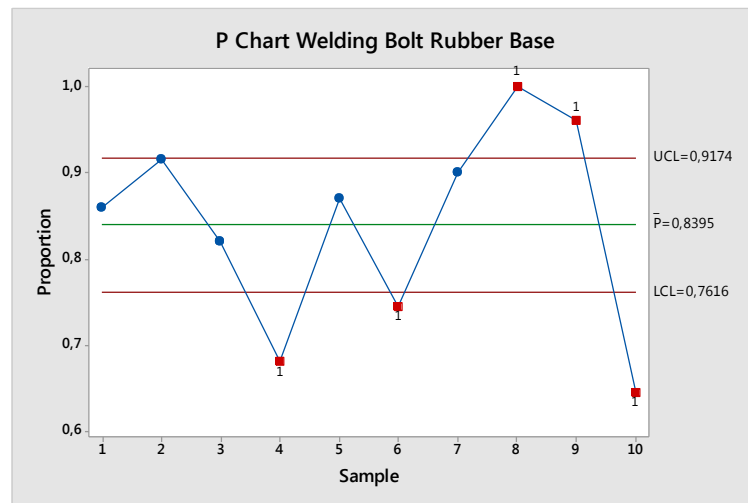
H. Ketidaksesuaian Welding Bolt Rubber Base

Bagian ini menunjukkan control chart berdasarkan jumlah *defect* dari *welding bolt rubber base*. Berdasarkan Rumus 4.1,4.2,4.3 didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut:

$$UCL = 0,8395 + 3 \sqrt{\frac{0,8395(1 - 0,8395)}{200}} = 0,92$$

$$CL = \frac{0,86 + 0,915 + 0,82 + 0,68 + 0,87 + 0,745 + 0,46 + 0,42 + 0,46 + 0,54}{10} = 0,84$$

$$LCL = 0,8395 - 3 \sqrt{\frac{0,8395(1 - 0,8395)}{200}} = 0,7616$$



Gambar 4. 13 *P Chart Welding Bolt Rubber Base*

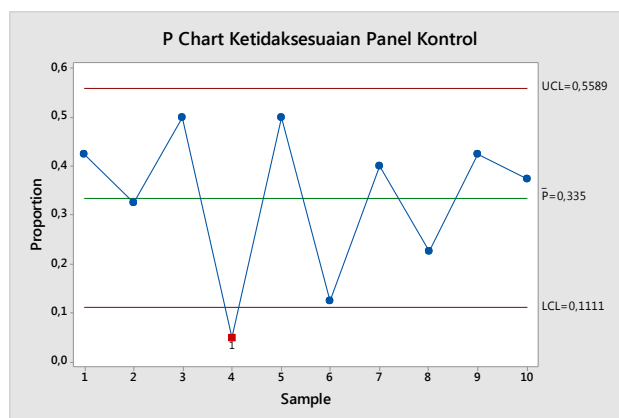
I. Ketidaksesuaian *Panel Control*

Bagian ini menunjukkan perhitungan serta penggambaran *control chart* dari ketidaksesuaian panel control. Berdasarkan Rumus 4.1,4.2,4.3 didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut:

$$UCL = 0,335 + 3 \sqrt{\frac{0,335(1 - 0,335)}{30}} = 0,56$$

$$CL = \frac{0,533 + 0,466 + 0,2 + 0,4667 + 0,4 + 0,5 + 0,5667 + 0,3667 + 0,5667 + 0,5}{10} = 0,335$$

$$LCL = 0,335 - 3 \sqrt{\frac{0,335(1 - 0,335)}{30}} = 0,11$$



Gambar 4. 14 *P Chart Ketidaksesuaian Panel Kontrol*

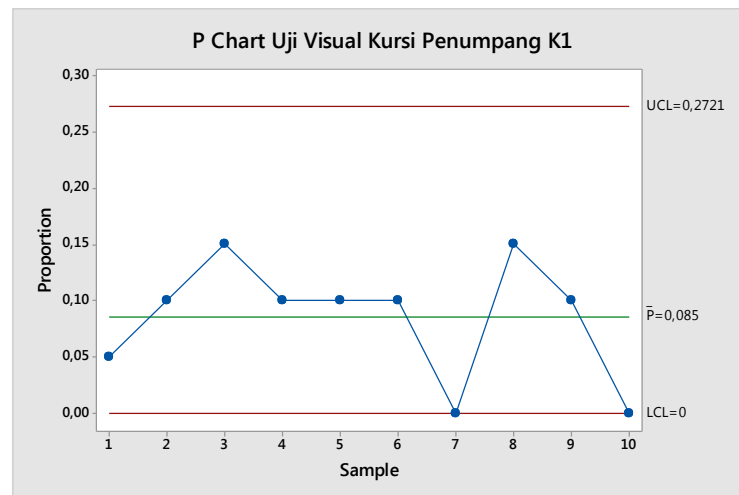
J. Ketidaksesuaian Uji Visual Kursi Penumpang K1

Bagian ini menunjukkan control chart beserta perhitungan *upper limit*, *lower limit*, dan *center line* ketidaksesuaian uji visual kursi penumpang K1:

$$UCL = 0,085 + 3 \sqrt{\frac{0,085(1-0,085)}{20}} = 0,272$$

$$Center Line = \frac{0,05 + 0,1 + 0,15 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0 + 0,15 + 0,1 + 0}{10} = 0,085$$

$$CL = 0,085 - 3 \sqrt{\frac{0,085(1 - 0,085)}{20}} = 0$$



Gambar 4. 15 Uji Visual Kursi Penumpang K1

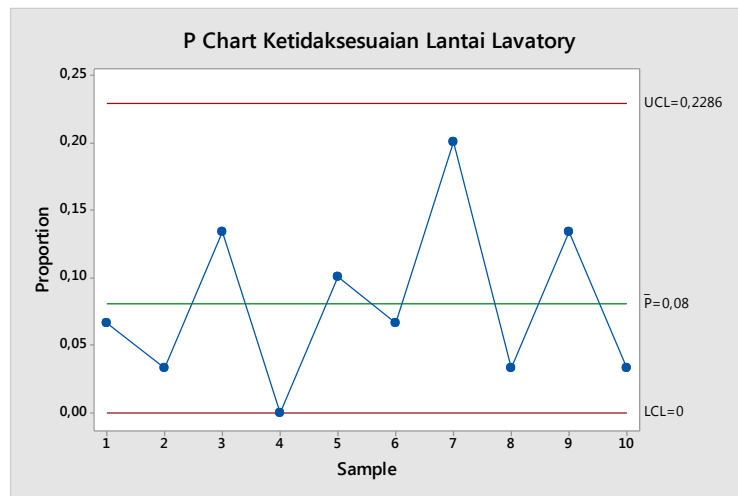
L. Ketidaksesuaian Lantai Lavatory

Bagian ini menunjukkan perhitungan dan gambar *control chart* pada ketidaksesuaian lantai lavatory. Berdasarkan Rumus 4.1,4.2,4.3 didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut:

$$UCL = 0,08 + 3 \sqrt{\frac{0,08(1 - 0,08)}{30}} = 0,23$$

$$CL = \frac{0,0667 + 0,033 + 0,133 + 0 + 0,1 + 0,667 + 0,2 + 0,03 + 0,133 + 0,033}{10} = 0,08$$

$$LCL = 0,08 - 3 \sqrt{\frac{0,08(1 - 0,08)}{30}} = 0$$



Gambar 4. 16 *P Chart* Ketidaksesuaian Lantai Lavatory

M. Ketidaksesuaian Toilet Duduk

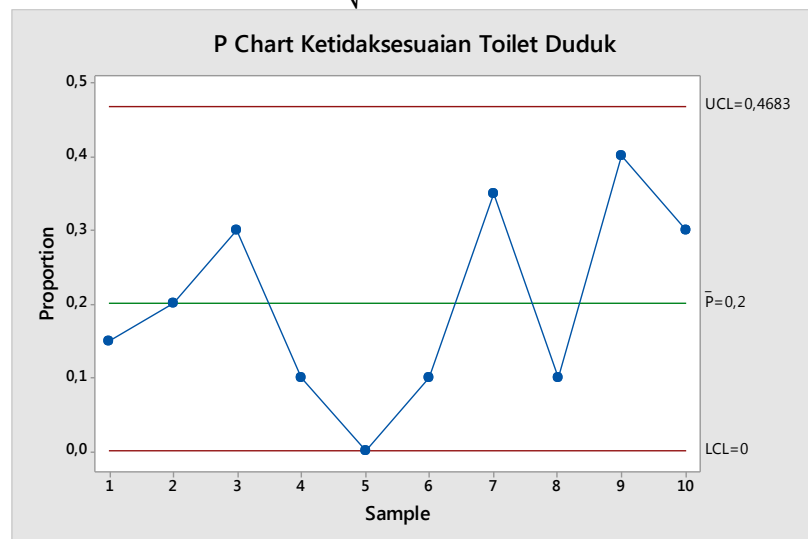
menunjukkan jumlah ketidaksesuaian lantai toilet tempat duduk:

Berdasarkan Rumus 4.1,4.2,4.3 didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut:

$$UCL = 0,2 + 3 \sqrt{\frac{0,2(1 - 0,2)}{20}} = 0,47$$

$$Center\ Line = \frac{0,15 + 0,2 + 0,3 + 0,1 + 0 + 0,1 + 0,35 + 0,1 + 0,4 + 0,3}{10} = 0,2$$

$$LCL = 0,2 - 3 \sqrt{\frac{0,2(1 - 0,2)}{20}} = 0$$



Gambar 4. 17 Ketidaksesuaian Toilet Duduk

Setelah dilakukan pembuatan serta perhitungan serta pembuatan control chart, dapat diketahui bahwa. Pada gambar 4.6 dapat diketahui bahwa tidak terdapat material axle box yang *out of control*. Gambar 4.7 menunjukkan *defect* pada *arm rest* kursi tidak sejajar. Berdasarkan *control chart* tersebut, material yang dilakukan sample tidak ada yang *out of control* dan variabilitas dari data jumlah *defect* tidak terlalu berbeda.

Berdasarkan gambar 4.8, dapat diketahui bahwa terdapat beberapa *sample rubber for side bearer* yang melebihi dari batas kontrol. Pada pengambilan sample kedua hingga ke-enam, serta ke-delapan dan ke-10 sample yang terjadi melebihi batas kontrol. Hal tersebut dapat diakibatkan oleh beberapa faktor diantaranya yaitu pergantian *supplier*, yang dapat memengaruhi spesifikasi serta kualitas dari material, selain itu kecepatan pengiriman dari *supplier* yang dapat berpengaruh terhadap jumlah cacat yang terjadi. Berdasarkan gambar 4.9, dapat diketahui bahwa terdapat beberapa *sample guide rubber* yang melebihi dari batas kontrol. Hal tersebut dapat diakibatkan oleh beberapa faktor diantaranya yaitu pergantian *supplier*, yang dapat memengaruhi spesifikasi serta kualitas dari material, selain itu kecepatan pengiriman dari *supplier* yang dapat berpengaruh terhadap jumlah cacat yang terjadi.

Selanjutnya, berdasarkan gambar 4.10, dapat diketahui bahwa terdapat beberapa *sample brake block head* yang melebihi dari batas kontrol. Adanya variabilitas tersebut dapat disebabkan oleh kesalahan koordinasi pada *supplier* pada penyampaian spesifikasi material yang dipesan. Pada gambar 4.11 *control chart* menunjukkan *defect* pada *speaker* ekstrusi. Berdasarkan *control chart* tersebut, Material yang dilakukan sample tidak ada yang *out of control*. Gambar 4.12 menunjukkan *control chart fix window scratch*. Berdasarkan *control chart* tersebut, material yang dilakukan *sample* tidak ada yang *out of control*. Berdasarkan gambar 4.13, dapat diketahui bahwa terdapat beberapa *sample bolt rubber base* yang melebihi dari batas kontrol. Hal tersebut dapat diakibatkan oleh beberapa faktor diantaranya yaitu kinerja *supplier*, serta koordinasi yang kurang dengan *supplier* yang dapat memengaruhi spesifikasi serta kualitas dari material.

Berikutnya, gambar 4.14, dapat diketahui bahwa terdapat beberapa *sample panel control* yang melebihi dari batas kontrol. Hal tersebut dapat diakibatkan oleh beberapa faktor diantaranya yaitu kinerja *supplier*, serta koordinasi yang kurang dengan *supplier* yang dapat memengaruhi spesifikasi serta kualitas dari material. Gambar 4.15 menunjukkan *control chart* uji visual kursi penumpang K1. Berdasarkan gambaran *control chart*, material yang dilakukan *sampling*, tidak ada yang *out of control*. Gambar 4.16 menunjukkan *control chart* ketidaksesuaian lantai lavatory. Berdasarkan *control chart* di atas, material yang dilakukan *sample* tidak ada yang *out of control*. Gambar 4.17 menunjukkan *control chart* ketidaksesuaian toilet duduk. Berdasarkan *control chart* tersebut, material yang dilakukan *sample* tidak ada yang *out of control*.

4.2.3.2 Control Chart pada Proses Fabrikasi

Pada bagian ini akan dipaparkan mengenai penggambaran *control chart* pada proses fabrikasi. Dalam hal ini proses fabrikasi terdiri dari proses pemotongan plat, proses pembentukan, proses *machining* serta proses perakitan yang terdiri dari proses *minor* dan *sub assembly*. *Control chart* pada bagian fabrikasi dibedakan menjadi dua jenis yaitu *attribute control chart* dan *variable control chart*.

4.2.3.2.1 Attribute Control Chart pada Fabrikasi

Pada bagian ini akan dipaparkan mengenai jumlah data tiap *defect*, perhitungan batas kontrol, serta penggambaran *control chart* pada bagian fabrikasi. Sama seperti pada proses *incoming*, *control chart* pada tahap fabrikasi digambarkan berdasarkan perhitungan *P Chart*. Perhitungan tersebut terdiri dari perhitungan *center line*, *upper*, dan *lower limit*. Fraksi *nonconforming* yaitu perbandingan jumlah unit yang cacat dengan ukuran sampel n .

Defect yang ditemukan pada proses fabrikasi antara lain yaitu ketidaksesuaian sidewall (sheeting plate bergelombang), ketidaksesuaian *stopper of fuel tank*, ketidaksesuaian *bolster spring seat*, ketidaksesuaian *bracket hanger*,

dan ketidaksesuaian *brake pipe*. Selanjutnya akan dipaparkan mengenai pengolahan data *control chart* pada *defect* yang terjadi pada tahap fabrikasi.

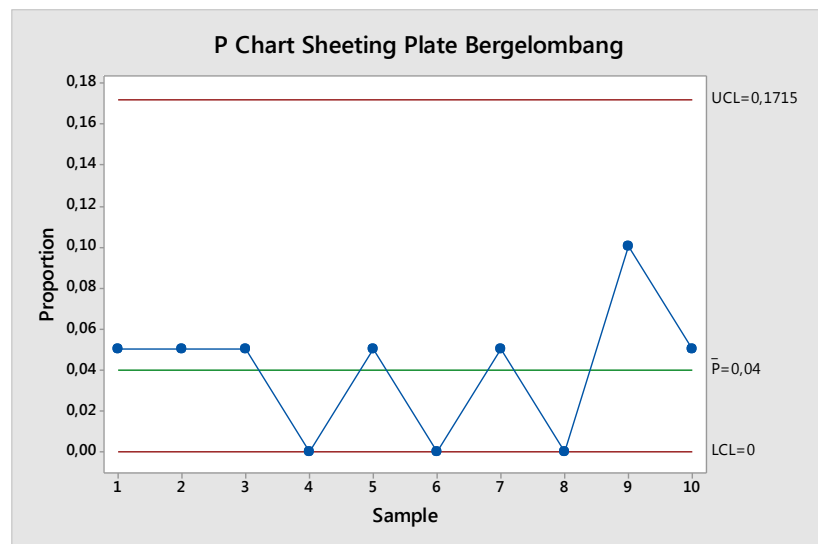
A. Ketidaksesuaian *Side Wall (Sheeting Plate Bergelombang)*

Bagian ini menunjukkan perhitungan upper, lower limit dan center line dan penggambaran *control chart* dari ketidaksesuaian *side wall*.

$$UCL = 0,04 + 3 \sqrt{\frac{0,04(1 - 0,04)}{20}} = 0,1715$$

$$Center Line = \frac{0,05 + 0,05 + 0,05 + 0 + 0,05 + 0 + 0,05 + 0 + 0,1 + 0,05}{10} = 0,04$$

$$LCL = 0,04 - 3 \sqrt{\frac{0,04(1 - 0,04)}{20}} = 0$$



Gambar 4. 28 *P Chart Sheeting Plate Bergelombang*

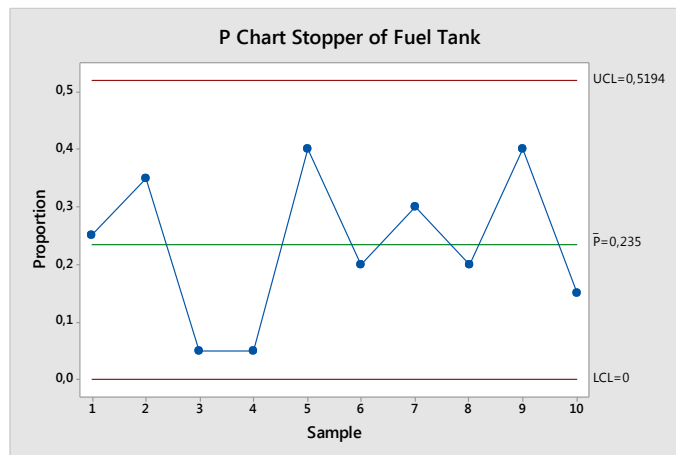
B. Ketidaksesuaian *Stopper of Fuel Tank*

Pada bagian ini menunjukkan perhitungan serta gambaran *control chart* dari ketidaksesuaian *side wall (sheeting plate bergelombang)*:

$$UCL = 0,235 + 3 \sqrt{\frac{0,235(1 - 0,235)}{20}} = 0,5194$$

$$Center Line = \frac{0,25 + 0,35 + 0,05 + 0,05 + 0,4 + 0,2 + 0,3 + 0,2 + 0,4 + 0,15}{10} = 0,235$$

$$LCL = 0,235 - 3 \sqrt{\frac{0,235(1 - 0,235)}{20}} = 0$$



Gambar 4. 29 P Chart Stopper of Fuel Tank

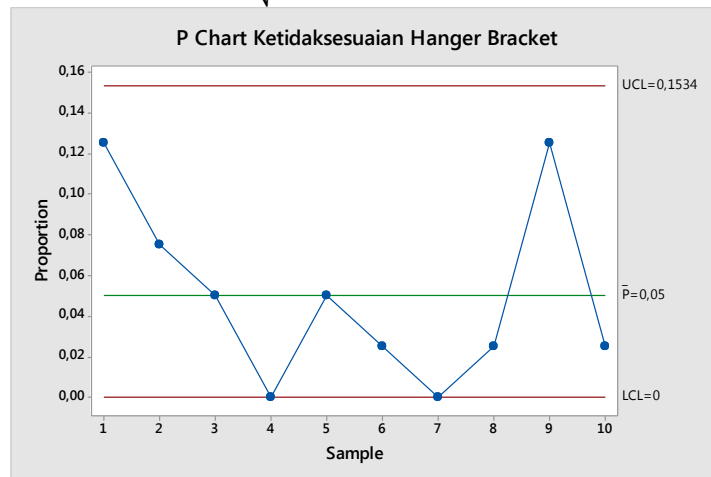
C. Ketidaksesuaian Bracket Hanger

Bagian ini menunjukkan perhitungan p-chart dan gambaran *control chart* dari ketidaksesuaian *bracket hanger*:

$$UCL = 0,2713 + 3 \sqrt{\frac{0,2713(1 - 0,2713)}{150}} = 0,1534$$

$$CL = \frac{0,125 + 0,075 + 0,05 + 0 + 0,05 + 0,025 + 0 + 0,025 + 0,125 + 0,025}{10} = 0,05$$

$$LCL = 0,2713 - 3 \sqrt{\frac{0,2713(1 - 0,2713)}{150}} = 0$$



Gambar 4. 31 P Chart Ketidaksesuaian Hanger Bracket

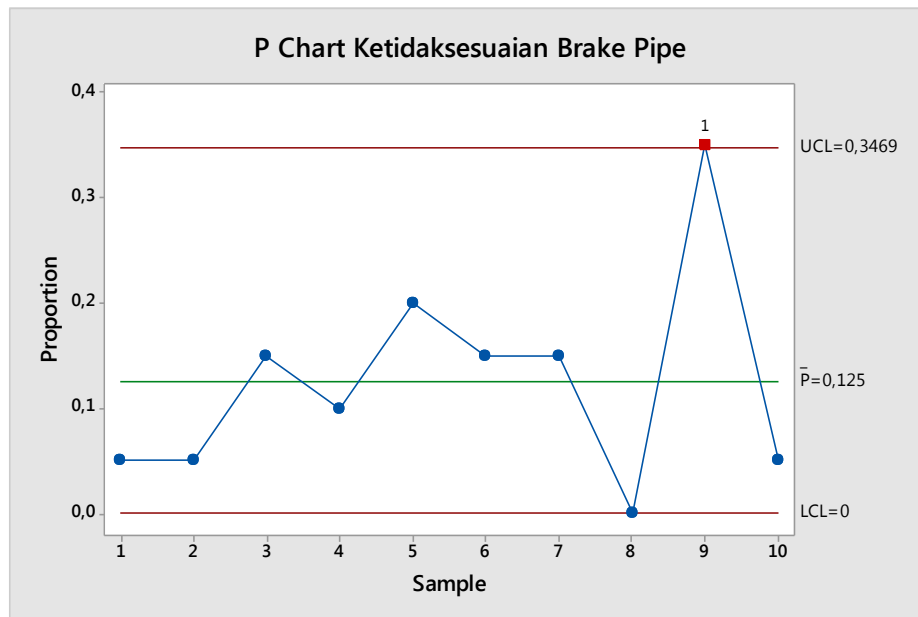
D. Ketidaksesuaian Brake Pipe

Bagian ini menunjukkan perhitungan dan gambaran *control chart* dari *brake pipe*:

$$UCL = 0,125 + 3 \sqrt{\frac{0,125(1 - 0,125)}{20}} = 0,3469$$

$$Center\ Line = \frac{0,05 + 0,05 + 0,15 + 0,1 + 0,2 + 0,15 + 0,15 + 0 + 0,35 + 0,05}{10} = 0,125$$

$$LCL = 0,125 - 3 \sqrt{\frac{0,125(1 - 0,125)}{20}} = 0$$



Gambar 4. 32 *P Chart Ketidaksesuaian Brake Pipe*

Gambar 4.28 menunjukkan *control chart* ketidaksesuaian pada *P Chart Sheeting Plate* bergelombang. Berdasarkan *control chart* di atas, material yang dilakukan *sample* tidak ada yang *out of control*. Gambar 4.29 menunjukkan *control chart* ketidaksesuaian pada *P Chart Stopper of Fuel Tank*. Berdasarkan *control chart* di atas, material yang dilakukan *sample* tidak ada yang *out of control*. Gambar 4.30 menunjukkan *control chart* ketidaksesuaian *bolster spring seat*. Berdasarkan *control chart* tersebut, material yang dilakukan *sample* tidak ada yang *out of control*. Gambar 4.31 menunjukkan *control chart* ketidaksesuaian pada *P Chart* ketidaksesuaian *hanger bracket*. Berdasarkan *control chart* di atas, material yang dilakukan *sample* tidak ada yang *out of control*. Berdasarkan gambar 4.32, dapat diketahui bahwa terdapat beberapa *sample* yang melebihi dari batas kontrol. Hal tersebut dapat diakibatkan oleh beberapa faktor diantaranya

yaitu pergantian *supplier*, yang dapat memengaruhi spesifikasi serta kualitas dari material, selain itu kecepatan pengiriman dari *supplier* yang dapat berpengaruh terhadap jumlah cacat yang terjadi.

4.2.3.2.2 *Variable Control Chart* pada Proses Fabrikasi

Bagian ini memaparkan mengenai pengolahan data untuk inspeksi yang dilakukan dengan skala numerik. Tipe data variabel diterapkan pada pemeriksaan bogie.

A. Pemeriksaan Bogie

Pemeriksaan bogie yang dilakukan yaitu untuk menguji ketahanan bogie melalui bogie *load test*. Pengujian dilakukan pada berbagai beban yaitu pada beban kosong (15,6 ton), beban normal (17,4 ton), beban maksimum (18,4 ton). Adapun beberapa spesifikasi yang dinilai pada pengujian ini yaitu tinggi *center* pivot dari atas rel, tinggi bogie *frame* dari atas, jarak stopper bolsterr dengan spring plank, jarak *stopper* bolster dengan spring plank.

A. Tinggi *Center* Pivot dari Atas Rel pada Beban Kosong

Pada bagian ini dipaparkan mengenai hasil dari uji beban pada bogie, khususnya pada spesifikasi tinggi *center* pivot dari atas rel, di mana dalam hal ini pengujian dilakukan saat beban kosong. Pada data ini diterapkan perhitungan untuk pengukuran individual dengan *individual moving range chart*. *Control chart* dengan tipe tersebut diterapkan pada data sampel yang hanya berjumlah satu unit. Pengolahan data dibedakan berdasarkan tiga jenis beban berdasarkan data dari check sheet pengujian *bogie load test*.. Berikut rumus untuk menghitung *upper*, *control limit*, *lower control limit*, *center line* dalam *Individual Moving Range Chart*:

$$UCL = \bar{x} + 3 \frac{\overline{MR}}{d_2} \dots \dots \dots (4.4)$$

$$CL = \bar{x} \dots \dots \dots (4.5)$$

$$LCL = \bar{\bar{x}} - 3 \frac{\bar{MR}}{d_2} \dots\dots\dots(4.6)$$

$$UCL = D_4 \cdot \bar{MR} \dots\dots\dots(4.7)$$

$$CL = \bar{MR} \dots\dots\dots(4.8)$$

$$CL = D_3 \cdot \bar{MR} \dots\dots\dots(4.9)$$

Keterangan:

$\bar{\bar{x}}$ = Rata-rata sampel

\bar{MR} = Rata-rata *moving range chart*

D_3 = Konstanta D_3 pada Faktor dalam Mengkonstruksi Variabel *Control Chart*

D_4 = Konstanta D_4 pada Faktor dalam Mengkonstruksi Variabel *Control Chart*

d_2 = Konstanta d_2 pada Faktor dalam Mengkonstruksi Variabel *Control Chart*

Berdasarkan Rumus 4.4-4.9 didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut:

$$UCL = 764,53 + 3 \frac{8,2413}{1,128} = 786,45$$

$$CL = 764,53$$

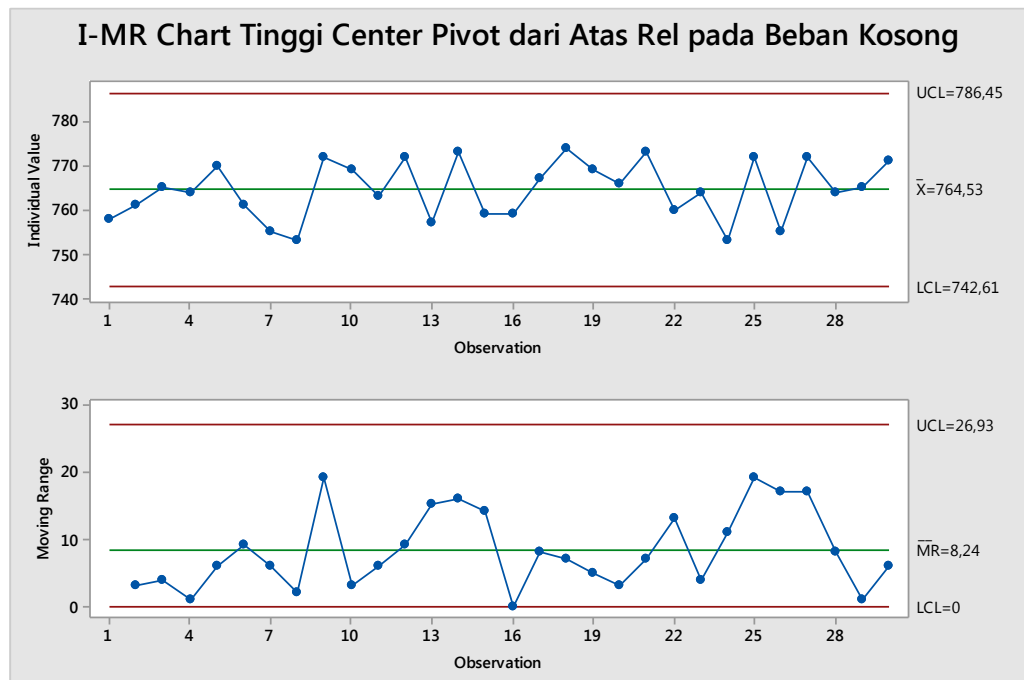
$$LCL = 764,53 - 3 \frac{8,2413}{1,128} = 742,61$$

$$UCL = (3,267) \cdot 8,4213 = 26,93$$

$$CL = 8,24$$

$$LCL = 0,8,24 = 0$$

Gambar 4.33 menunjukkan grafik *control chart* berdasarkan perhitungan di atas:



Gambar 4. 33 *Individual-Moving Range Chart* pada Tinggi *Center Pivot* dari Atas Rel pada Beban Kosong

Gambar 4.33 menggambarkan titik-titik dari tinggi *center pivot* dari atas rel pada saat beban kosong. Berdasarkan gambar 4.33, dapat ditarik informasi bahwa variabilitas tinggi center pivot dari atas rel masih berada pada batas kendali (tidak terdapat data yang *outlier*). Namun jika dalam batasan spesifikasi baik itu USL maupun LSL, masih terdapat beberapa data sample yang masih belum memenuhi standar.

B. Tinggi *Center Pivot* dari Atas Rel pada Beban Normal

Pengolahan data dibedakan berdasarkan tiga jenis beban berdasarkan data dari *check sheet* pengujian *bogie load test*. Adapun batasan spesifikasi pada variabel ini telah ditetapkan yaitu pada *Upper Spesification Limit* (USL) yaitu 756mm dan *Lower Spesification Limit* (LSL) yaitu 740mm. Tabel 4.39 merupakan data untuk variabel tinggi center pivot dari atas rel pada beban normal. Berdasarkan Rumus 4.4-4.9 didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut:

$$UCL = 762,8 + 3 \frac{15,413}{1,128} = 803,79$$

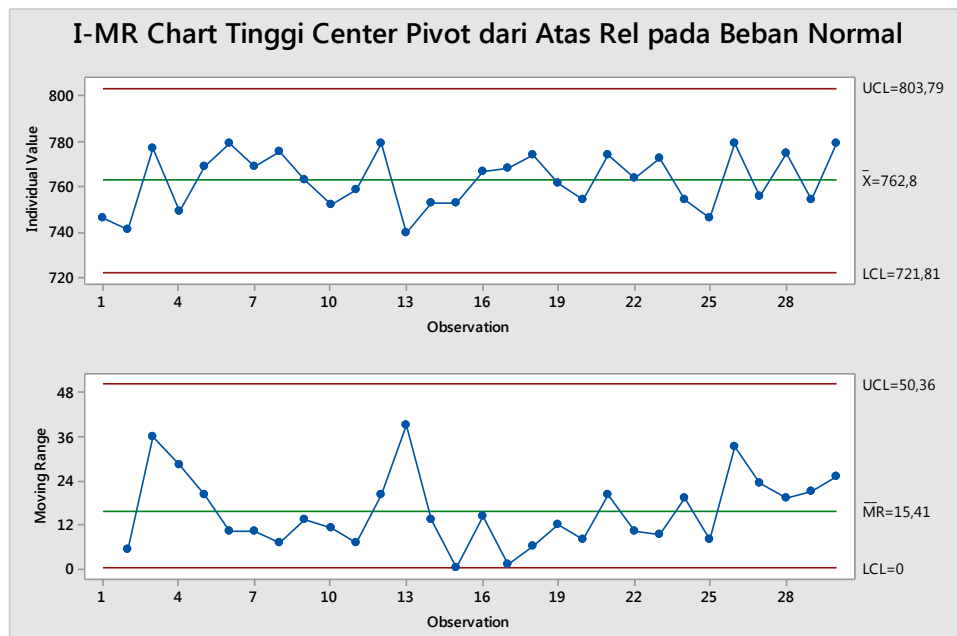
$$CL = 762,8$$

$$LCL = 762,8 - 3 \frac{15,413}{1,128} = 721,81$$

$$UCL = (3,267) \cdot 15,413 = 50,36$$

$$CL = 15,413$$

$$LCL = 0,15,413 = 0$$



Gambar 4. 34 *Individual-Moving Range Chart* pada Tinggi *Center Pivot* dari Atas Rel pada Beban Normal

Gambar 4.34 menggambarkan titik-titik dari tinggi *center pivot* dari atas rel pada saat beban normal. Berdasarkan gambar 4.34, dapat ditarik informasi bahwa variabilitas tinggi *center pivot* dari atas rel masih berada pada batas kendali (tidak terdapat data yang *outlier*). Namun jika dalam batasan spesifikasi baik itu USL maupun LSL, masih terdapat beberapa data sample yang masih belum memenuhi standar.

C. Tinggi *Center Pivot* dari Atas Rel pada Beban Maksimum

Pada bagian ini dipaparkan mengenai hasil dari uji beban pada bogie, khususnya pada spesifikasi tinggi *center pivot* dari atas rel, pada bagian ini dilakukan penggambaran *control chart* berdasarkan data pengujian dilakukan pada beban maksimum. Pada data ini diterapkan perhitungan untuk pengukuran individual dengan *individual moving range chart*. Pengolahan data dibedakan berdasarkan tiga jenis beban berdasarkan data dari *check sheet* pengujian *bogie load test*.. Berdasarkan Rumus 4.4-4.9 didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut:

$$UCL = 740,133 + 3 \frac{6,862}{1,128} = 758,38$$

$$CL = 740,133$$

$$LCL = 740,133 - 3 \frac{6,862}{1,128} = 721,88$$

$$UCL = (3,267) \cdot 6,86$$

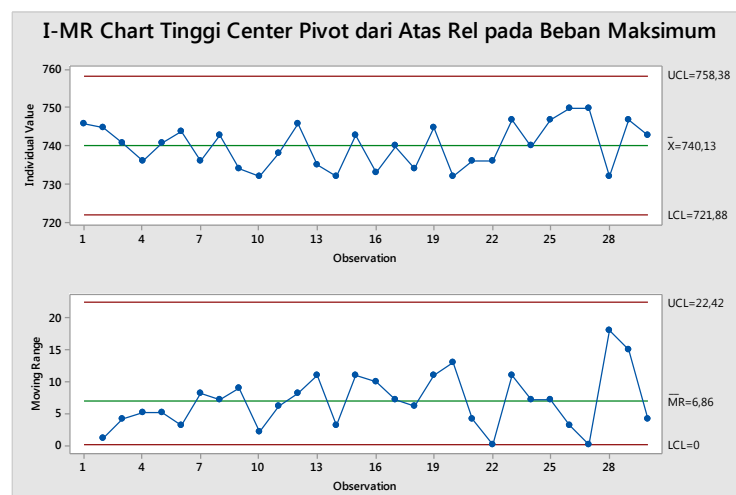
$$UCL = 22,42$$

$$CL = 6,86$$

$$LCL = 0,6,86$$

$$LCL = 0$$

Gambar 4.35 merupakan gambaran dari grafik *control chart* berdasarkan perhitungan di atas:



Gambar 4. 35 *Individual-Moving Range Chart* pada Tinggi *Center Pivot* dari Atas Rel pada Beban Maksimum

Gambar 4.35 menggambarkan titik-titik dari tinggi *center pivot* dari atas rel pada saat beban normal. Berdasarkan gambar 4.35, dapat ditarik informasi bahwa variabilitas tinggi *center pivot* dari atas rel masih berada pada batas kendali (tidak terdapat data yang *outlier*). Namun jika dalam batasan spesifikasi baik itu USL maupun LSL, masih terdapat beberapa data *sample* yang masih belum memenuhi spesifikasi.

D. Tinggi *Bogie Frame* dari Atas Rel pada Beban Kosong

Pada bagian ini dipaparkan mengenai hasil dari uji beban pada bogie, khususnya pada spesifikasi tinggi *bogie frame* dari atas rel, di mana dalam hal ini pengujian dilakukan pada beban kosong. Pada data ini diterapkan perhitungan untuk pengukuran variabel untuk *subgrup*. Pengolahan data dibedakan berdasarkan tiga jenis beban berdasarkan data dari *check sheet* pengujian *bogie load test*.

Control chart pada bagian ini dilakukan dengan menggunakan rumus *Xbar Rchart* sebagai berikut:

$$UCL = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R} \dots\dots\dots(4.10)$$

$$CL = \bar{\bar{x}} \dots\dots\dots(4.11)$$

$$LCL = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R} \dots\dots\dots(4.12)$$

$$UCL = D_4 \bar{R} \dots\dots\dots(4.13)$$

$$CL = \bar{R} \dots\dots\dots(4.14)$$

$$LCL = D_3 \bar{R} \dots\dots\dots(4.15)$$

Keterangan:

$\bar{\bar{x}}$ = Rata-rata ukuran sampel

A_2 = Konstanta A_2 pada Appendix Faktor dalam Mengkonstruksi Variabel

Control Chart

\bar{R} = Rata-rata rentang sampel

Berdasarkan Rumus 4.10-4.15 didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut:

$$UCL = 691,6 + ((0,729). (6,2)) = 696,17$$

$$CL = 691,6$$

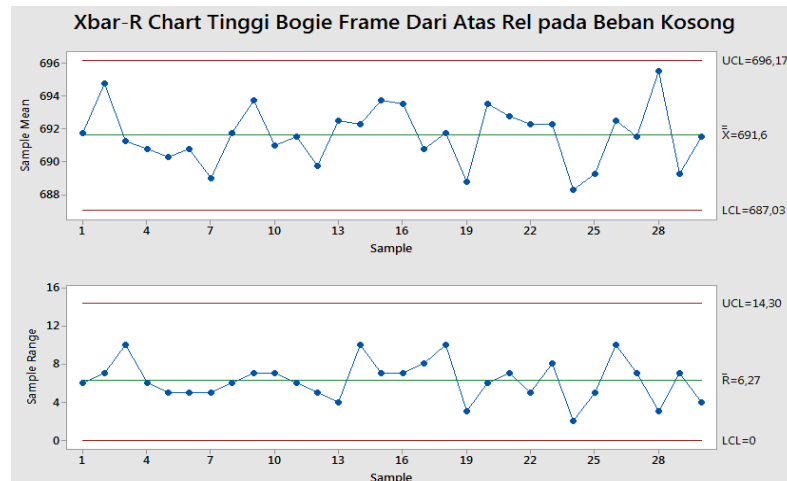
$$LCL = 691,6 - ((0,729). (6,2)) = 687,03$$

$$UCL = 2,282.6,27 = 14,30$$

$$CL = 6,27$$

$$LCL = 0 . 6,27 = 0$$

Berdasarkan kedua perhitungan di atas, maka dapat dilakukan penggambaran Xbar dan Rchart yang ditunjukkan pada gambar 4.36 :



Gambar 4. 36 Xbar-Rchart Tinggi Bogie Frame dari Atas Rel pada Beban Kosong

Gambar 4.36 menggambarkan titik-titik dari tinggi *bogie frame* dari atas rel pada beban kosong. Berdasarkan gambar 4.36, dapat ditarik informasi bahwa variabilitas tinggi center pivot dari atas rel masih berada pada batas kendali (tidak terdapat data yang *outlier*).

E. Tinggi *Bogie Frame* dari Atas Rel pada Beban Normal

Pada bagian ini dipaparkan mengenai hasil dari uji beban pada bogie, khususnya pada spesifikasi tinggi *bogie frame* dari atas rel, di mana dalam hal ini pengujian dilakukan pada beban normal.

Berdasarkan Rumus 4.10-4.15 didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut:

$$UCL = 689,3 + ((0,729) \cdot (6,533)) = 694,06$$

$$CL = 689,3$$

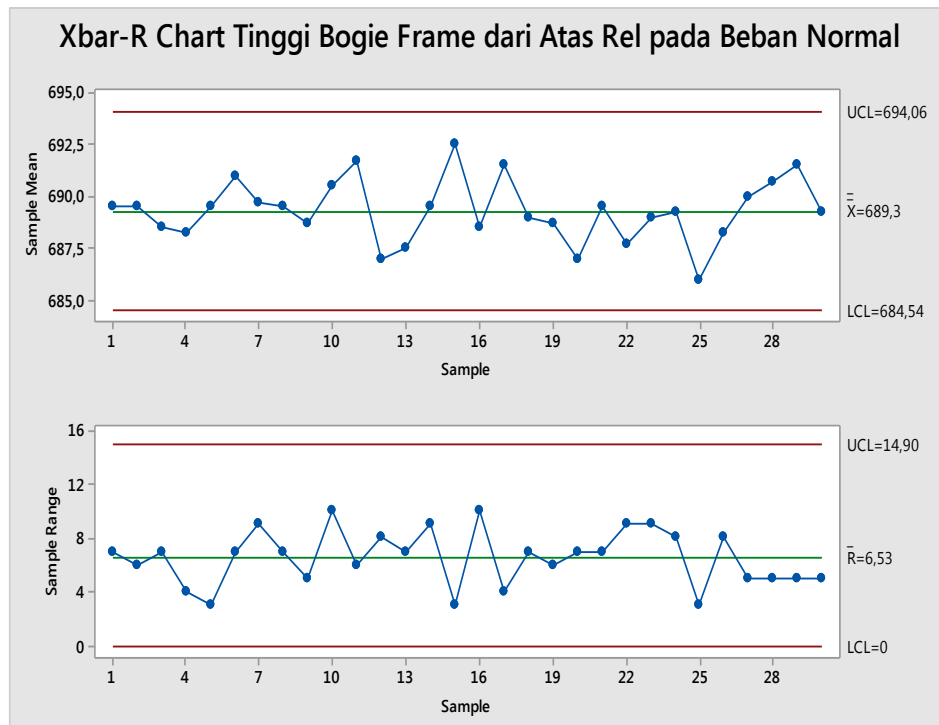
$$LCL = 689,3 - ((0,729) \cdot (6,533)) = 684,54$$

$$UCL = 2,282 \cdot 6,53 = 14,90$$

$$CL = 6,53$$

$$LCL = 0 \cdot 6,53 = 0$$

Berdasarkan kedua perhitungan di atas, maka dapat dilakukan penggambaran Xbar dan Rchart yang ditunjukkan pada gambar 4.37 :



Gambar 4. 37 *Xbar-Rchart* Tinggi Bogie Frame dari Atas Rel pada Beban Normal

Gambar 4.37 menggambarkan titik-titik dari tinggi bogie frame dari atas rel pada beban normal. Berdasarkan gambar 4.37, dapat ditarik informasi bahwa variabilitas tinggi bogie frame dari atas rel (tidak terdapat data yang *outlier*). Selain itu, pada batasan spesifikasi baik itu USL maupun LSL, tinggi *bogie frame* dari atas rel pada beban kosong telah dapat memenuhi standar.

F. Tinggi *Bogie Frame* dari Atas Rel pada Beban Maksimum

Pada bagian ini dipaparkan mengenai hasil dari uji beban pada bogie, khususnya pada spesifikasi tinggi bogie frame dari atas rel, di mana dalam hal ini pengujian dilakukan pada beban maksimum.

$$UCL = 688,125 + ((0,729) \cdot (6,033)) = 692,52$$

$$CL = 688,125$$

$$LCL = 688,125 - ((0,729) \cdot (6,033)) = 683,730$$

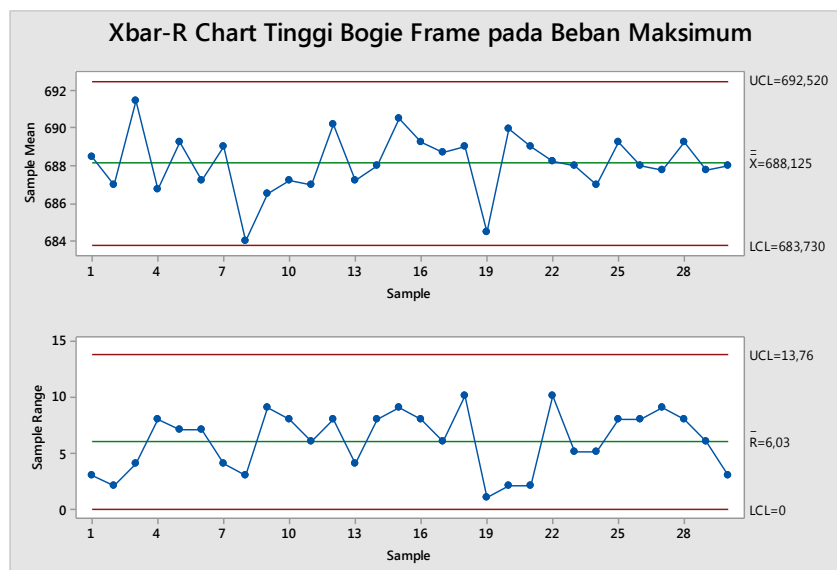
$$UCL = 2,282 \cdot 6,3 = 13,76$$

$$CL = 6,03$$

$$LCL = 0 \cdot 6,03$$

$$LCL = 0$$

Berdasarkan kedua perhitungan di atas, maka dapat dilakukan penggambaran Xbar dan Rchart yang ditunjukkan pada gambar 4.38 :



Gambar 4. 38 Xbar-Rchart Tinggi Bogie Frame dari Atas Rel pada Beban Maksimum

Gambar 4.38 menggambarkan titik-titik dari tinggi bogie frame dari atas rel pada beban maksimum. Berdasarkan gambar 4.38, dapat ditarik informasi bahwa variabilitas tinggi *bogie frame* dari atas rel (tidak terdapat data yang *outlier*). Selain itu, pada batasan spesifikasi baik itu USL maupun LSL, tinggi bogie frame dari atas rel pada beban kosong telah dapat memenuhi standar spesifikasi.

G. Jarak *Stopper Bolster* dengan *Spring Plank* pada saat Beban Kosong (Kiri-Kanan)

Pada bagian ini dipaparkan mengenai hasil dari uji beban pada bogie, khususnya pada spesifikasi jarak *stopper bolster* dengan *spring plank* pada beban

kosong. Adapun batasan spesifikasi pada variabel ini telah ditetapkan yaitu pada *Upper Spesification Limit* (USL) yaitu 68 mm dan *Lower Spesification Limit* (LSL) yaitu 62 mm. Gambar 4.39 menggambarkan titik-titik dari jarak *stopper bolster* dengan *spring plank* pada beban kosong. Berdasarkan gambar 4.39, dapat ditarik informasi bahwa variabilitas jarak stopper bolster dengan spring plank pada beban kosong berada dalam batas kendali dan telah memenuhi spesifikasi.

$$UCL = 64,5 + 3 \frac{2,241}{1,128} = 70,46$$

$$CL = 64,5$$

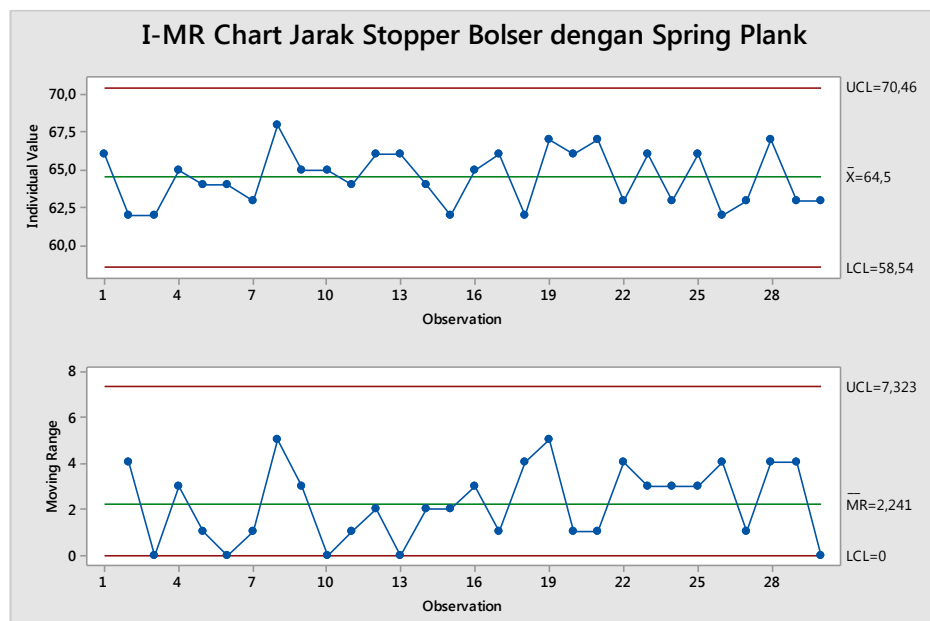
$$LCL = 64,5 - 3 \frac{6,862}{1,128} = 58,54$$

$$UCL = (3,267) \cdot 2,241 = 7,323$$

$$CL = 2,241$$

$$LCL = 0,241 = 0$$

Gambar 4.39 merupakan gambaran dari grafik *control chart* :



Gambar 4. 39 *Individual-Moving Range Chart* pada Jarak *Stopper Bolster* dengan *Spring Plank* pada Beban Kosong

H. Jarak Stopper Bolster dengan Spring Plank pada Beban Normal (Kiri-Kanan)

Pada bagian ini dipaparkan mengenai hasil dari uji beban pada bogie, khususnya pada spesifikasi jarak *stopper bolster* dengan spring plank pada beban normal. Pada data ini diterapkan perhitungan untuk pengukuran individual dengan *individual moving range chart*. Pengolahan data dibedakan berdasarkan tiga jenis beban berdasarkan data dari *check sheet* pengujian *bogie load test*. Adapun batasan spesifikasi pada variabel ini telah ditetapkan yaitu pada *Upper Spesification Limit* (USL) yaitu 59 mm dan *Lower Spesification Limit* (LSL) yaitu 53 mm. Gambar 4.40 menggambarkan titik-titik dari jarak *stopper bolster* dengan *spring plank* pada beban maksimum. Berdasarkan gambar 4.40, dapat ditarik informasi bahwa variabilitas jarak *stopper bolster* dengan *spring plank* pada beban normal berada dalam batas kendali dan telah memenuhi spesifikasi.

Berdasarkan Rumus 4.4-4.9 didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut:

$$UCL = 55,5 + 3 \frac{2,8965}{1,128} = 63,20$$

$$CL = 55,5$$

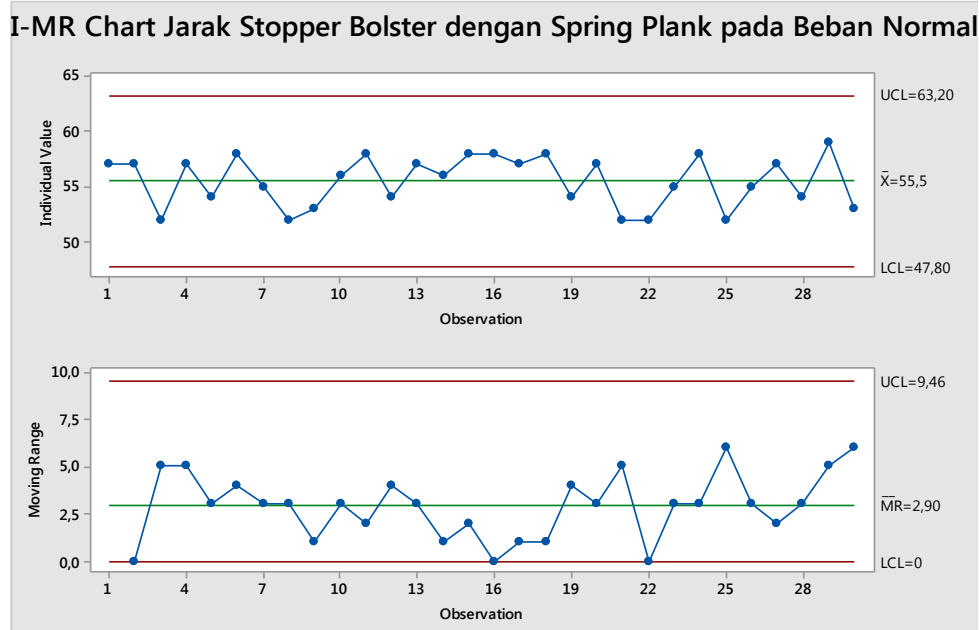
$$LCL = 55,5 - 3 \frac{2,8965}{1,128} = 47,80$$

$$UCL = (3,267) \cdot 2,90 = 9,46$$

$$CL = 2,90$$

$$LCL = 0,2,90 = 0$$

Gambar 4.40 merupakan gambaran dari grafik *control chart* berdasarkan perhitungan di atas:



Gambar 4. 40 *Individual-Moving Range Chart* pada Jarak *Stopper Bolster* dengan *Spring Plank* pada Normal

I. Jarak Stopper Bolster dengan Spring Plank pada Beban Maksimum (Kiri-Kanan)

Pada bagian ini dipaparkan mengenai hasil dari uji beban pada bogie, khususnya pada spesifikasi jarak *stopper bolster* dengan *spring plank* pada beban maksimum. Pada data ini diterapkan perhitungan untuk pengukuran individual dengan *individual oving range chart*. Pengolahan data dibedakan berdasarkan tiga jenis beban berdasarkan data dari *check sheet* pengujian *bogie load test*. Adapun batasan spesifikasi pada variabel ini telah ditetapkan yaitu pada *Upper Spesification Limit* (USL) yaitu 59 mm dan *Lower Spesification Limit* (LSL) yaitu 53 mm. Gambar 4.41 menggambarkan titik-titik dari jarak *stopper bolster* dengan *spring plank* pada beban maksimum. Berdasarkan gambar 4.39, dapat ditarik informasi bahwa variabilitas jarak *stopper bolster* dengan *spring plank* pada beban maksimum berada dalam batas kendali dan telah memenuhi spesifikasi.

Berdasarkan Rumus 4.4-4.9 didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut:

$$UCL = 52,17 + 3 \frac{2,621}{1,128} = 59,14$$

$$CL = 52,17$$

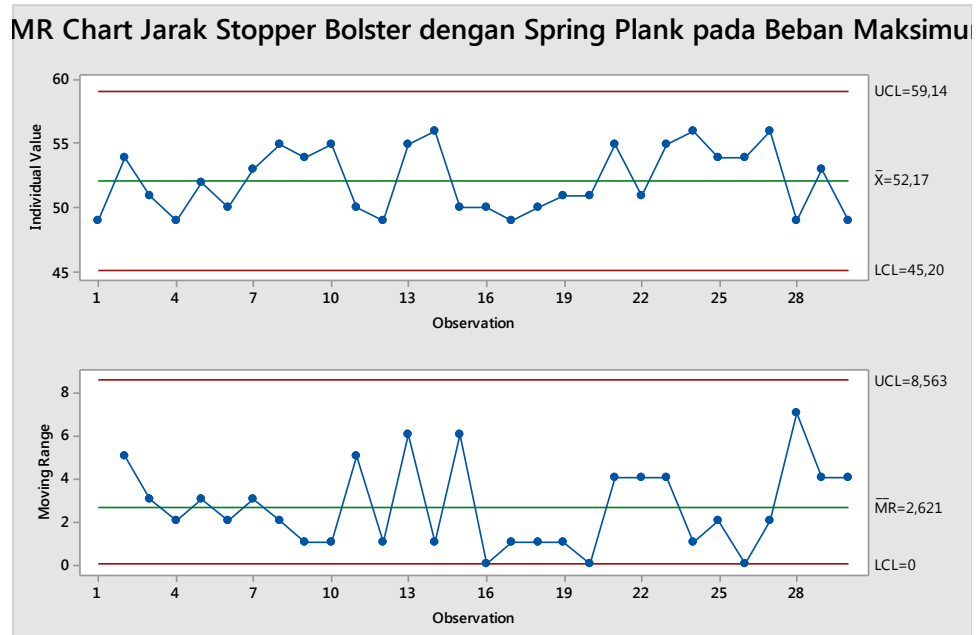
$$LCL = 52,17 - 3 \frac{2,621}{1,128} = 45,20$$

$$UCL = (3,267) \cdot 2,621 = 8,563$$

$$CL = 2,621$$

$$LCL = 0,2,621 = 0$$

Gambar 4.41 merupakan gambaran dari grafik *control chart* berdasarkan perhitungan di atas:



Gambar 4. 41 *Individual-Moving Range Chart* pada Jarak *Stopper Bolster* dengan *Spring Plank* pada Beban Maksimum

4.2.3.3 *Control Chart Proses Finishing*

Pada bagian ini akan dipaparkan mengenai penggambaran *control chart* pada proses finishing. Dalam hal ini proses fabrikasi terdiri dari proses *grid plasting*, *painting*, *fitting*, serta pemasangan berbagai interior kereta.

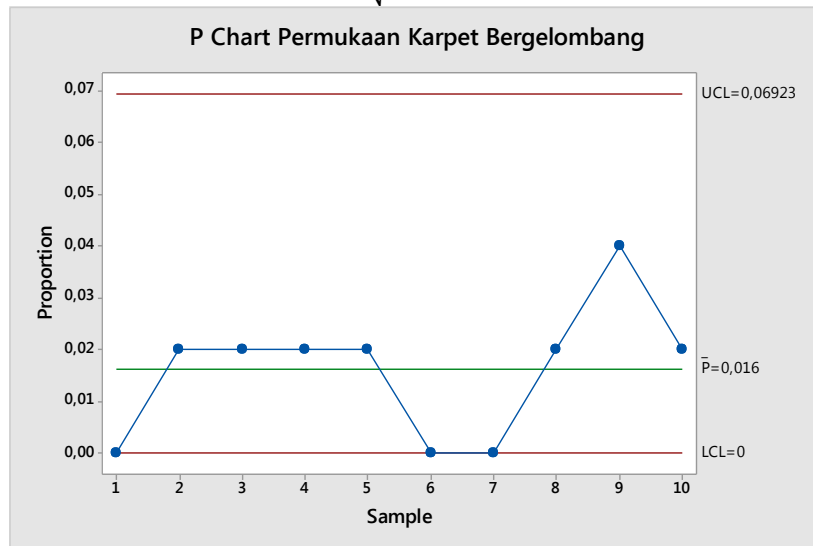
A. Permukaan Karpet Bergelombang

Pada bagian ini akan dipaparkan mengenai ketidaksesuaian pada permukaan karpet, perhitungan *center line*, *upper* dan *lower limit*. Berdasarkan Rumus 4.1-4.3 didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut:

$$UCL = 0,016 + 3 \sqrt{\frac{0,016(1 - 0,016)}{50}} = 0,06923$$

$$Center Line = \frac{0 + 0,02 + 0,02 + 0,02 + 0,02 + 0 + 0 + 0,02 + 0,04 + 0,02}{10} = 0,016$$

$$LCL = 0,016 - 3 \sqrt{\frac{0,016(1 - 0,016)}{50}} = 0$$



Gambar 4. 42 *P Chart* Permukaan Karpét Bergelombang

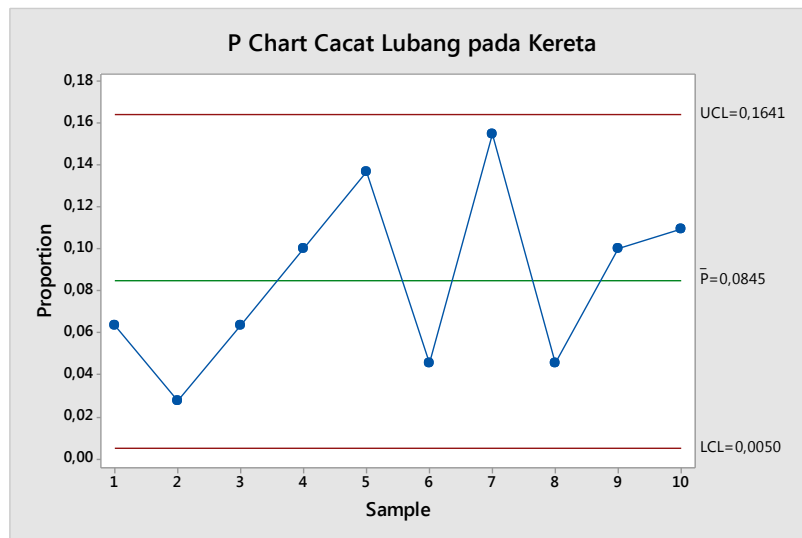
B. Cacat Lubang pada Kereta

Pada bagian ini akan dipaparkan mengenai perhitungan *center line*, *upper* dan *lower limit* pada cacat pada lubang kereta. Berdasarkan Rumus 4.1-4.3 didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut.

$$UCL = 0,0845 + 3 \sqrt{\frac{0,0845(1 - 0,0845)}{110}} = 0,1641$$

$$Center Line = \frac{0,06 + 0,02 + 0,06 + 0,1 + 0,13 + 0,04 + 0,15 + 0,04 + 0,1 + 0,10}{10} = 0,08$$

$$LCL = 0,0845 - 3 \sqrt{\frac{0,0845(1 - 0,0845)}{110}} = 0,005$$



Gambar 4. 43 *P Chart* Cacat Lubang pada Kereta

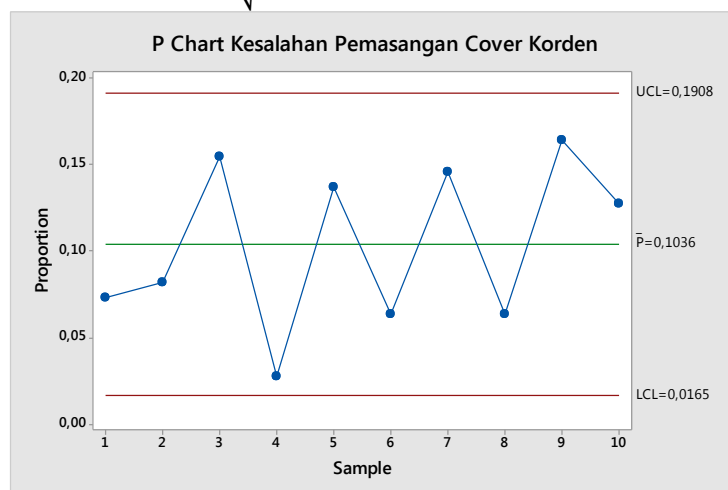
C. Kesalahan Pemasangan Cover Korden

Pada bagian ini akan dipaparkan perhitungan dan penggambaran *center line*, *upper* dan *lower limit* pada pemasangan cover korden. Berdasarkan Rumus 4.1-4.3 didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut

$$UCL = 0,1036 + 3 \sqrt{\frac{0,1036(1 - 0,1036)}{110}} = 0,19$$

$$Center Line = \frac{0,07 + 0,08 + 0,15 + 0,02 + 0,13 + 0,06 + 0,14 + 0,06 + 0,16 + 0,12}{10} = 0,10$$

$$LCL = 0,1036 - 3 \sqrt{\frac{0,1036(1 - 0,1036)}{110}} = 0,016$$



Gambar 4. 44 *P Chart* Kesalahan Pemasangan Cover Korden

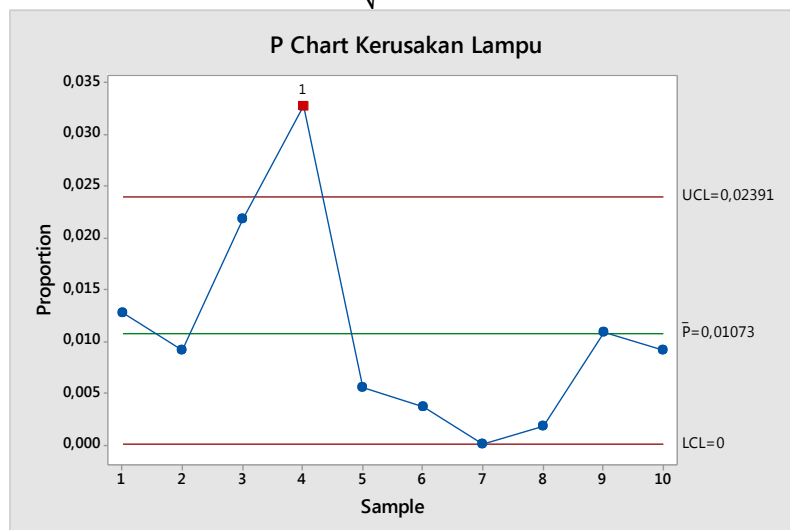
D. Kerusakan Lampu

Pada bagian ini akan dipaparkan mengenai perhitungan *center line*, *upper* dan *lower limit* pada kerusakan lampu. Berdasarkan Rumus 4.1-4.3 didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut

$$UCL = 0,01073 + 3 \sqrt{\frac{0,01073(1 - 0,01073)}{550}} = 0,023$$

$$Center\ Line = \frac{0,012 + 0,009 + 0,02 + 0,03 + 0,005 + 0 + 0,001 + 0,09 + 0,009}{10} = 0,010$$

$$LCL = 0,01073 - 3 \sqrt{\frac{0,01073(1 - 0,01073)}{550}} = 0$$



Gambar 4. 45 P Chart Kerusakan Lampu

Gambar 4.42 menunjukkan *control chart* ketidaksesuaian pada permukaan karpet bergelombang. Berdasarkan *control chart* tersebut, material yang dilakukan *sample* tidak ada yang *out of control*. Gambar 4.43 menunjukkan *control chart* ketidaksesuaian permukaan lubang kereta. Berdasarkan *control chart* tersebut, material yang dilakukan *sample* tidak ada yang *out of control*. Gambar 4.44 menunjukkan *control chart* kesalahan pemasangan *cover* korden. Berdasarkan *control chart* tersebut, material yang dilakukan *sample* tidak ada yang *out of control*. Gambar 4.45 menunjukkan *control chart* kerusakan lampu. Berdasarkan *control chart* tersebut, terdapat

material yang dilakukan *sample* yang melebihi batas kendali, selain itu, variabilitas dan *randomized* dari sample sangat besar.

4.2.3.4 Control Chart pada Proses Final Testing

Pada bagian ini akan dipaparkan mengenai penggambaran *control chart* pada proses *final testing*. Proses ini dilakukan pengujian untuk memastikan bahwa tiap komponen telah berjalan sesuai dengan fungsi. Setelah proses pengujian yang dilakukan, ditemukan beberapa cacat yaitu AC yang tidak berfungsi, , power kereta tidak berfungsi, serta komponen lampu yang tidak dapat difungsikan.

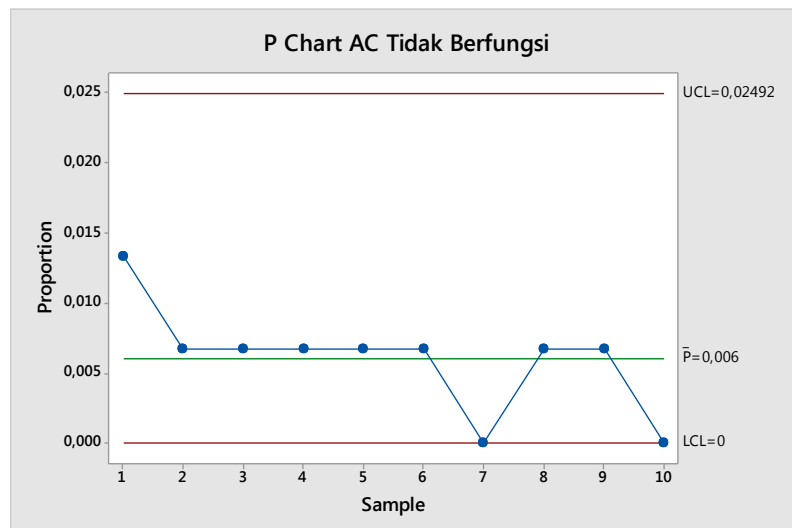
A. AC Tidak Berfungsi

Pada bagian ini akan dipaparkan mengenai hasil pengujian AC yaitu jumlah AC yang tidak berfungsi, perhitungan *center line*, *upper* dan *lower limit*. Berdasarkan Rumus 4.1-4.3 didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut.

$$UCL = 0,006 + 3 \sqrt{\frac{0,006(1 - 0,006)}{150}} = 0,024$$

$$Center\ Line = 0,006$$

$$CL = 0,006 - 3 \sqrt{\frac{0,006(1 - 0,006)}{150}} = 0$$

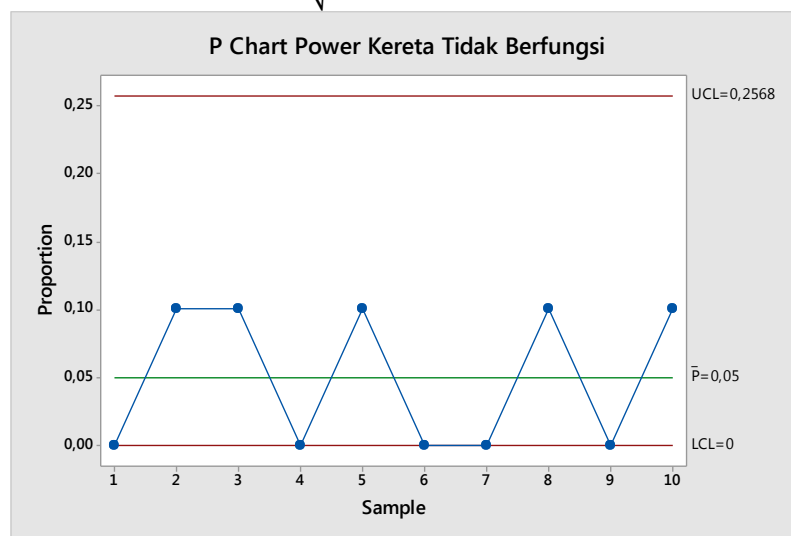


Gambar 4. 46 P Chart AC Tidak Berfungsi

B. Power Kereta Tidak Berfungsi

Pada bagian ini akan dipaparkan perhitungan *center line*, *upper* dan *lower limit* pada power kereta yang tidak berfungsi. Berdasarkan Rumus 4.1-4.3 didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut.

$$UCL = 0,05 + 3 \sqrt{\frac{0,05(1 - 0,05)}{10}} = 0,25$$
$$Center Line = 0,05$$
$$LCL = 0,05 - 3 \sqrt{\frac{0,05(1 - 0,05)}{10}} = 0$$

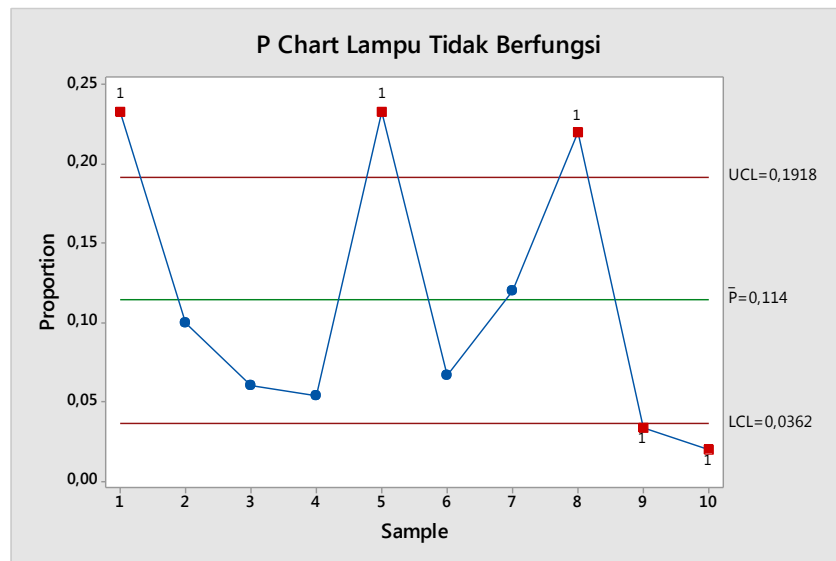


Gambar 4. 47 P Chart Power Kereta Tidak Berfungsi

C. Lampu Tidak Berfungsi

Pada bagian ini akan dipaparkan perhitungan *center line*, *upper* dan *lower limit* pada lampu tidak berfungsi. Berdasarkan Rumus 4.1-4.3 didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut.

$$UCL = 0,114 + 3 \sqrt{\frac{0,114(1 - 0,114)}{150}} = 0,19$$
$$Center Line = 0,114$$
$$LCL = 0,114 - 3 \sqrt{\frac{0,114(1 - 0,114)}{150}} = 0$$



Gambar 4. 48 P Chart Lampu Tidak Berfungsi

Setelah melakukan perhitungan *center line*, *upper lower limit*, Gambar 4.46 menunjukkan *control chart* ketidaksesuaian pada *P Chart* AC yang tidak berfungsi. Berdasarkan *control chart* tersebut, material yang dilakukan *sample* tidak ada yang *out of control*. Gambar 4.47 menunjukkan *P Chart* power kereta tidak berfungsi. Berdasarkan *control chart* di atas, material yang dilakukan *sample* tidak ada yang *out of control*. Gambar 4.48 menunjukkan *P Chart* lampu 1 tidak berfungsi. Berdasarkan *control chart* di atas, terdapat material yang *out of control*.

4.2.4 Histogram

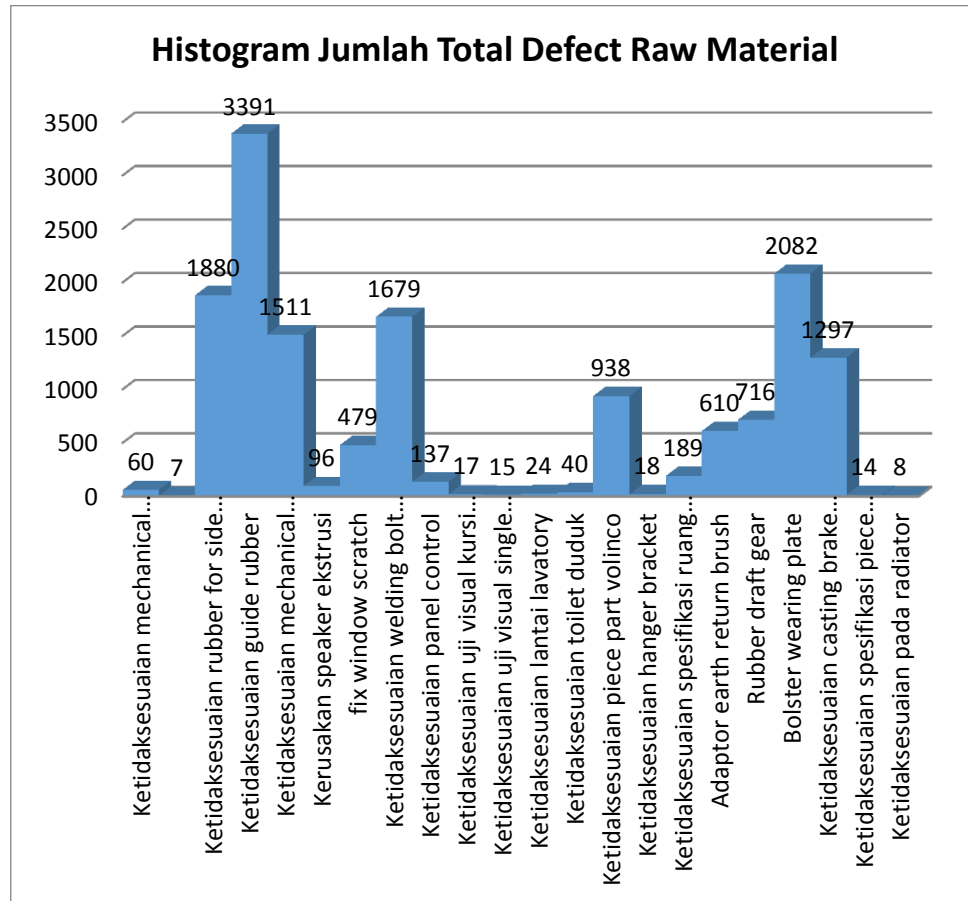
Pada bagian ini akan dipaparkan mengenai bagaimana distribusi suatu data cacat yang ditampilkan dengan histogram. Seperti *tools* sebelumnya, dalam hal ini histogram akan dipaparkan secara rinci pada tiap tahap pengendalian kualitas.

4.2.4.1 Histogram pada Proses Inspeksi *Incoming Material*

Histogram pada tahap ini memaparkan mengenai data distribusi defect untuk jumlah total seluruh *defect* pada saat proses inspeksi di pengadaan material.

A. Histogram Total *Defect* pada Proses Inspeksi *Incoming Material*

Histogram total *defect incoming material* akan ditampilkan pada gambar 4.54 berikut ini:



Gambar 4. 54 Histogram Jumlah Total *Defect Raw Material*

Berdasarkan gambar 4.54, dapat diketahui bahwa jumlah *defect* terbanyak yaitu pada ketidaksesuaian *guide rubber* yaitu sejumlah 3391 pcs material. Hal tersebut dapat disebabkan oleh kualitas barang dari *supplier*, kecepatan pengiriman barang, serta kesahalan koordinasi mengenai spesifikasi material.

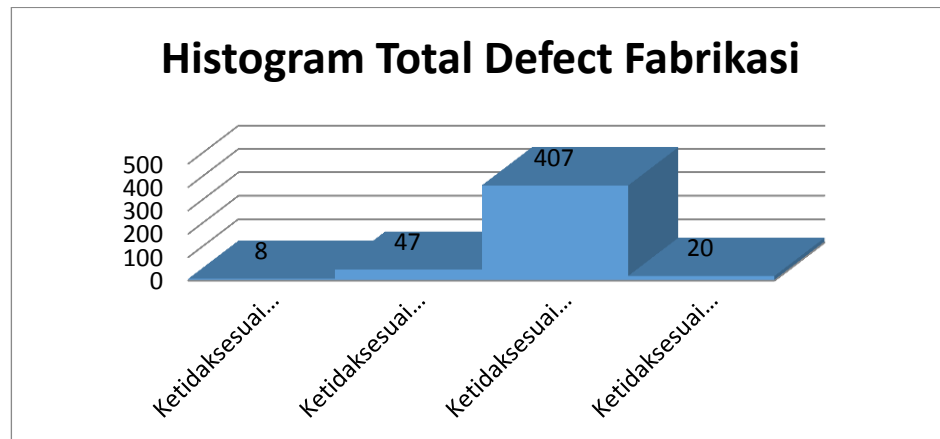
4.2.4.2 Histogram pada Inspeksi Proses Fabrikasi

Histogram pada tahap ini memaparkan mengenai data distribusi *defect* pada jumlah total seluruh *defect* pada saat proses inspeksi di proses fabrikasi.

Pada tahap ini, histogram terbagi menjadi dua yaitu histogram untuk data atribut dan data variabel.

4.2.4.2.1 Histogram Data Atribut

Pada bagian ini, akan dipaparkan mengenai persebaran data menggunakan *tools* histogram untuk data atribut yaitu data jumlah cacat.



Gambar 4. 60 Histogram Total Defect pada Proses Fabrikasi

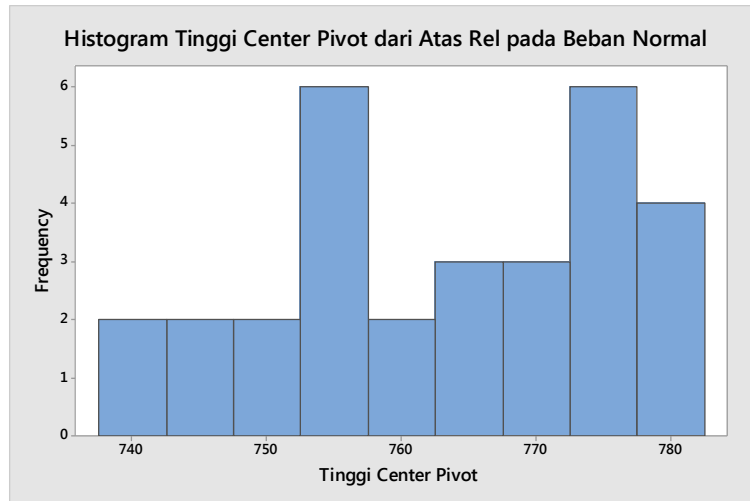
Berdasarkan gambar 4.60, dapat diketahui data jumlah total *defect* yang terjadi untuk proses fabrikasi. *Defect* yang paling banyak terjadi yaitu ketidaksesuaian *bracket hanger* yaitu sejumlah 407 Hal tersebut dapat terjadi karna faktor metode yang diterapkan, tenaga kerja yang kurang terampil, atau pengaruh dari kualitas material.

4.2.4.2.2 Histogram Data Variabel

Pada bagian ini, akan dipaparkan mengenai pengolahan data histogram pada proses fabrikasi, yaitu untuk data dengan pengukuran skala numerik.

A. Histogram Tinggi Center Pivot dari Atas Rel pada Beban Normal

Pada bagian ini akan dipaparkan mengenai persebaran data dari variabel tinggi center pivot dari atas rel pada beban normal. Gambar 4.61 menampilkan persebaran data dari variabel tersebut:

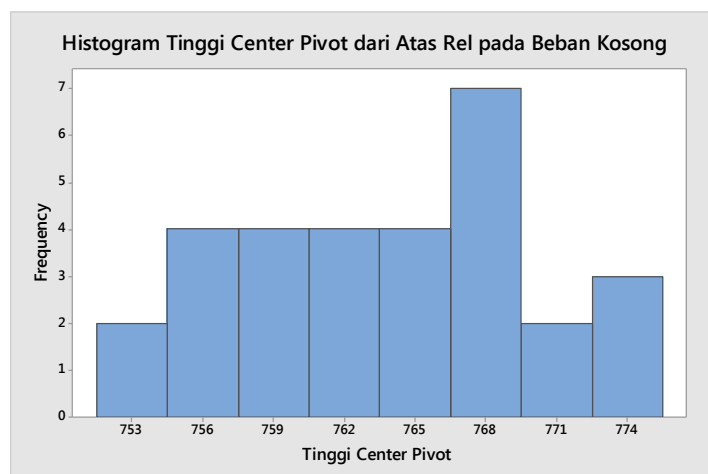


Gambar 4. 61 Histogram Tinggi Center Pivot dari Atas Rel pada Beban Normal

Gambar 4.61 menunjukkan persebaran data dari variasi tinggi center pivot dari atas rel pada saat beban normal. Frekuensi tertinggi yaitu tinggi center pivot dari atas rel berukuran diantara 750 mm hingga 760 serta frekuensi tertinggi juga terdapat pada data tinggi center pivot melebihi batas USL yaitu 770.

B. Histogram Tinggi Center Pivot dari Atas Rel pada Beban Kosong

Pada bagian ini akan dipaparkan mengenai persebaran data dari variabel tinggi center pivot dari atas rel pada beban kosong. Gambar 4.62 menampilkan persebaran data dari variabel tersebut:

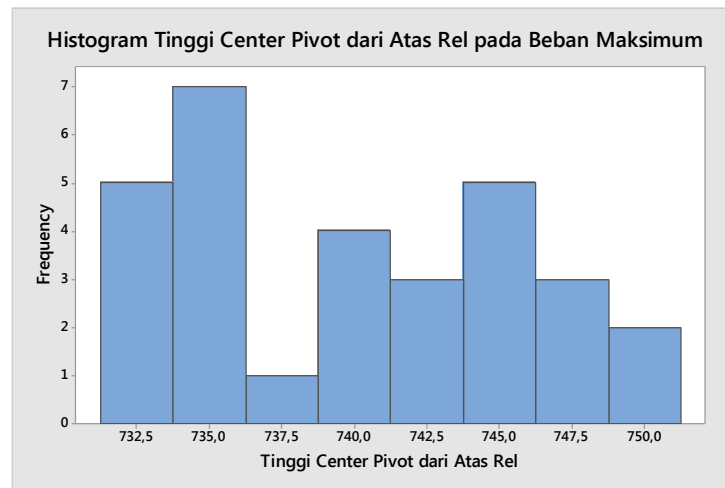


Gambar 4. 62 Histogram Tinggi Center Pivot dari Atas Rel pada Beban Kosong

Gambar 4.62 menunjukkan persebaran data dari variasi tinggi center pivot dari atas rel pada saat beban kosong. Frekuensi tertinggi yaitu tinggi center pivot dari atas rel berukuran diantara 768 mm.

C. Histogram Tinggi Center Pivot dari Atas Rel pada Beban Maksimum

Pada bagian ini akan dipaparkan mengenai persebaran data dari variabel tinggi center pivot dari atas rel pada beban maksimum. Gambar 4.63 menampilkan persebaran data dari variabel tersebut:

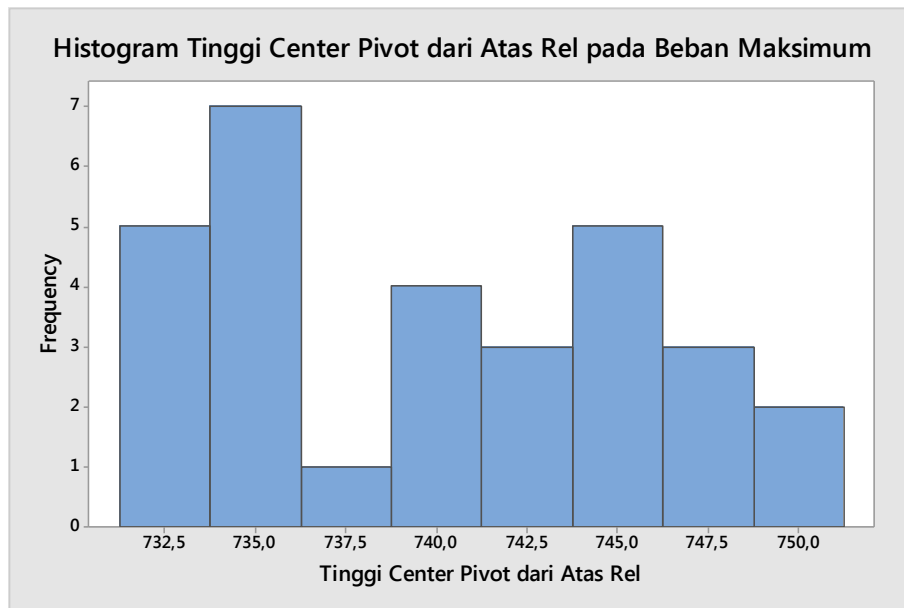


Gambar 4. 63 Histogram Tinggi Center Pivot dari Atas Rel pada Beban Maksimum

Gambar 4.63 menunjukkan persebaran data dari variasi tinggi center pivot dari atas rel pada saat beban maksimum. Frekuensi tertinggi yaitu tinggi center pivot dari atas rel berukuran 735,0 mm.

D. Histogram Tinggi Center Pivot dari Atas Rel pada Beban Maksimum

Pada bagian ini akan dipaparkan mengenai persebaran data dari variabel tinggi center pivot dari atas rel pada beban maksimum. Gambar 4.63 menampilkan persebaran data dari variabel tersebut:

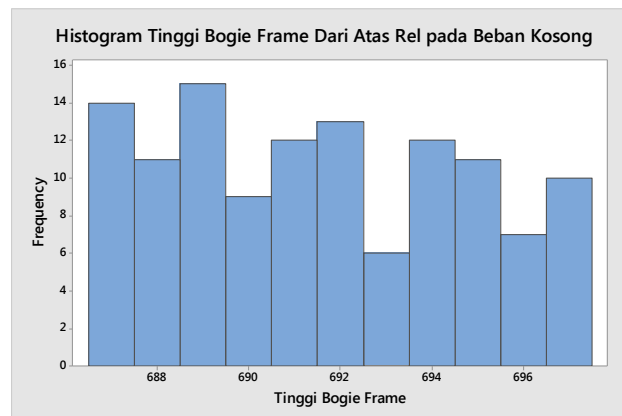


Gambar 4. 64 Histogram Tinggi Center Pivot dari Atas Rel pada Beban Maksimum

Gambar 4.63 menunjukkan persebaran data dari variasi tinggi center pivot dari atas rel pada saat beban maksimum. Frekuensi tertinggi yaitu tinggi center pivot dari atas rel berukuran 735,0 mm.

E. Histogram Tinggi Bogie Frane dari Atas Rel pada Beban Kosong

Pada bagian ini akan dipaparkan mengenai persebaran data dari variabel tinggi bogie frame dari atas rel pada beban kosong. Gambar 4.64 menampilkan persebaran data dari variabel tersebut:

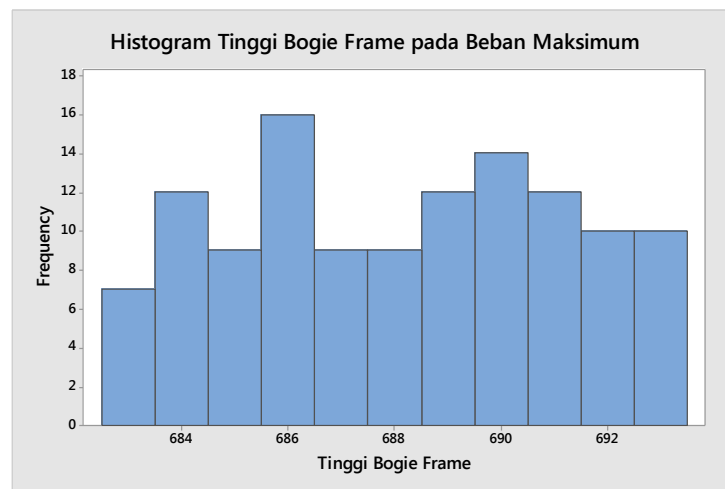


Gambar 4. 65 Histogram Tinggi Bogie Frame dari Atas Rel pada Beban Kosong

Gambar 4.65 menunjukkan persebaran data dari variasi tinggi bogie frame dari atas rel pada saat beban kosong. Frekuensi tertinggi yaitu tinggi center pivot dari atas rel berukuran antara 688 mm.

F. Histogram Tinggi Bogie Frane dari Atas Rel pada Beban Maksimum

Pada bagian ini akan dipaparkan mengenai persebaran data dari variabel tinggi bogie frame dari atas rel pada beban maksimum. Gambar 4.65 menampilkan persebaran data dari variabel tersebut:

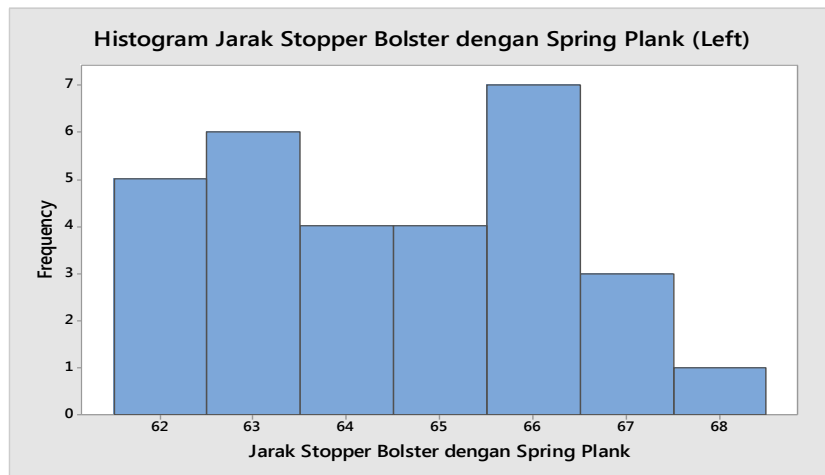


Gambar 4. 66 Histogram Tinggi Bogie Frame dari Atas Rel pada Beban Maksimum

Gambar 4.66 menunjukkan persebaran data dari variasi tinggi bogie frame dari atas rel pada saat beban normal. Frekuensi tertinggi yaitu tinggi center pivot dari atas rel berukuran antara 686 mm.

G. Histogram Jarak Stopper Bolster dengan Spring Plank pada Beban Kosong (Kiri)

Pada bagian ini akan dipaparkan mengenai persebaran data dari variabel jarak stopper bolster dengan spring plank pada beban kosong. Gambar 4.65 menampilkan persebaran data dari variabel tersebut:

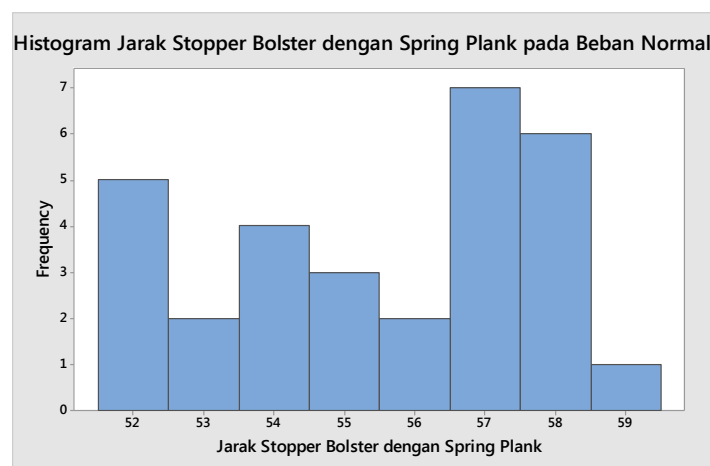


Gambar 4. 67 Histogram Jarak Stopper Bolster dengan Spring Plank pada Beban Kosong (Kanan-Kiri)

Gambar 4.67 menunjukkan persebaran data dari jarak stopper bolster dengan spring plank . Frekuensi tertinggi yaitu tinggi center pivot dari atas rel berukuran antara 66 mm.

H. Histogram Jarak Stopper Bolster dengan Spring Plank pada Beban Normal (Kiri)

Pada bagian ini akan dipaparkan mengenai persebaran data dari variabel jarak stopper bolster dengan spring plank pada beban normal. Gambar 4.68 menampilkan persebaran data dari variabel tersebut:

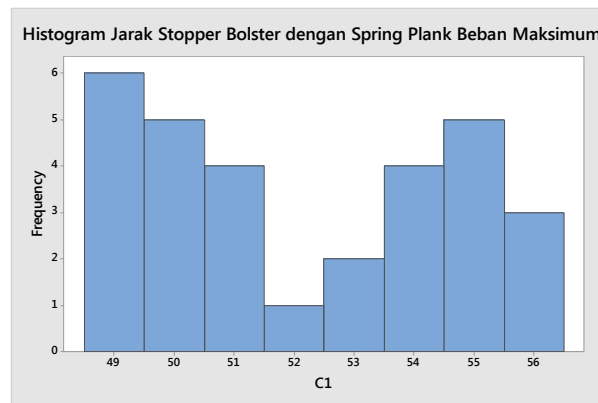


Gambar 4. 68 Histogram Jarak Stopper Bolster dengan Spring Plank pada Beban Normal (Kanan-Kiri)

Gambar 4.68 menunjukkan persebaran data dari jarak stopper bolster dengan spring pada beban normal . Frekuensi tertinggi yaitu tinggi center pivot dari atas rel berukuran antara 57 mm.

I. Histogram Jarak Stopper Bolster dengan Spring Plank pada Beban Maksimum (Kanan-Kiri)

Pada bagian ini akan dipaparkan mengenai persebaran data dari variabel jarak stopper bolster dengan spring plank pada beban maksimum. Gambar 4.69 menampilkan persebaran data dari variabel tersebut:



Gambar 4. 69 Histogram Jarak Stopper Bolster dengan Spring Plank pada Beban Maksimum (Kanan-Kiri)

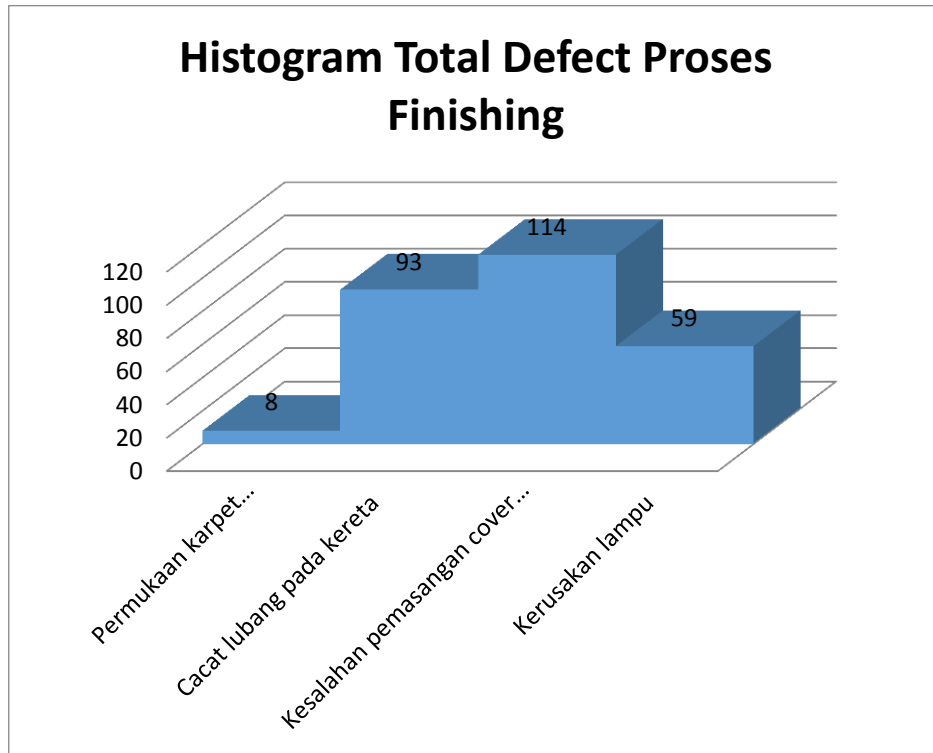
Gambar 4.69 menunjukkan persebaran data dari jarak stopper bolster dengan spring pada beban maksimum . Frekuensi tertinggi yaitu tinggi center pivot dari atas rel berukuran antara 49 mm.

4.2.4.3 Histogram Defect pada Proses *Finishing*

Pengolahan data *defect* dengan *tools* histogram pada tahap ini memaparkan mengenai data distribusi *defect* pada bulan Januari hingga Mei, serta histogram untuk jumlah total seluruh *defect* pada saat inspeksi proses *finishing*.

A. Histogram Total *Defect* Proses *Finishing*

Pada bagian ini akan ditampilkan mengenai persebaran data total *defect* yang terjadi selama proses *finishing*. Gambar 4.75 Menampilkan histogram *defect* pada proses *finishing*:



Gambar 4. 75 Histogram Total *Defect* Proses *Finishing* Bulan Mei

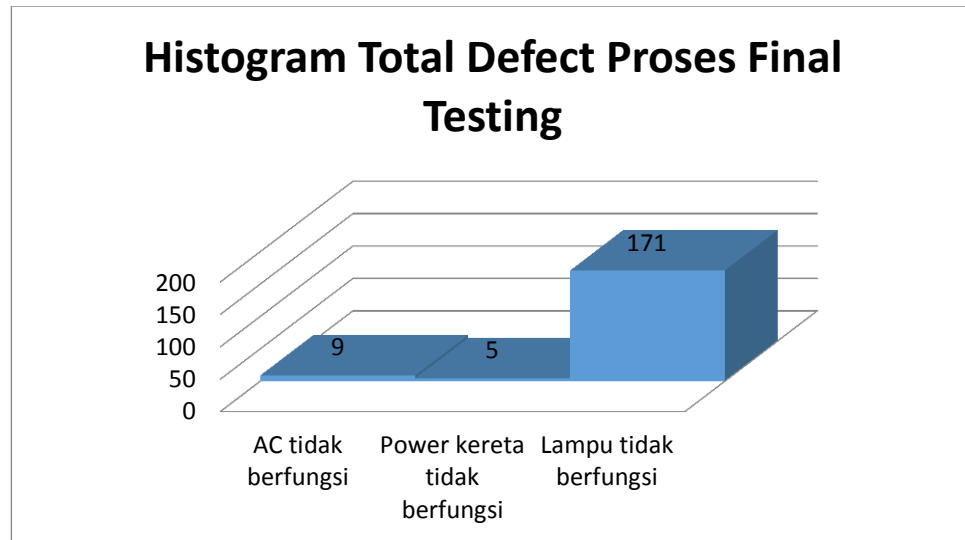
Berdasarkan gambar 4.75, dapat diketahui data total *defect* yang terjadi untuk proses *finishing*. *Defect* yang paling banyak terjadi yaitu audio headset tidak berfungsi. Hal tersebut dapat terjadi karna faktor metode yang diterapkan, kesalahan pengukuran tenaga kerja yang kurang terampil, atau pengaruh dari kualitas material.

4.2.4.4 Histogram *Defect* pada Proses *Final Testing*

Pengolahan data *defect* dengan *tools* histogram pada tahap ini memaparkan mengenai data distribusi *defect* pada bulan Januari hingga Mei, serta histogram untuk jumlah total seluruh *defect* pada saat proses *final testing*.

A. Histogram Total Defect pada Proses Final Testing

Pada bagian ini akan ditampilkan mengenai persebaran data total *defect* yang terjadi selama proses *final testing*. Gambar 4.81 Menampilkan histogram total *defect* proses *final testing*:



Gambar 4. 81 Histogram Total *Defect* Proses *Final Testing*

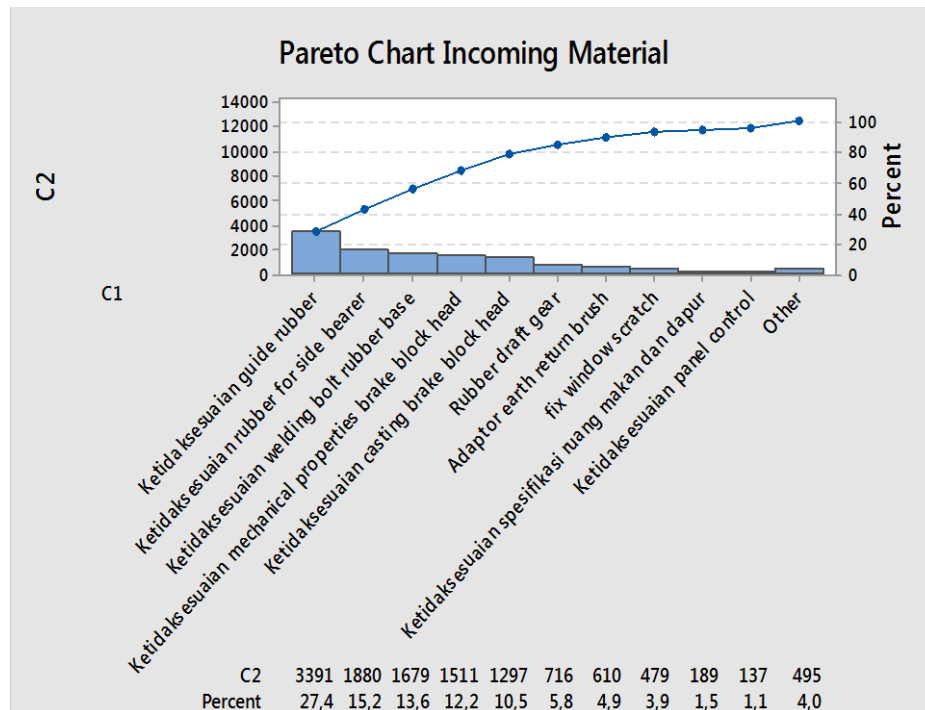
Berdasarkan gambar 4.81, dapat diketahui data *defect* yang terjadi untuk total *defect* pada proses *final testing*. *Defect* yang paling banyak terjadi yaitu pada kerusakan lampu. Hal tersebut dapat terjadi karna faktor metode yang diterapkan, tenaga kerja yang kurang terampil, atau pengaruh dari kualitas material.

4.2.5 *Pareto Chart*

Pada bagian ini dilakukan pengolahan data *defect* dengan menampilkan *pareto chart*. Dengan *tools* tersebut, maka dapat diidentifikasi permasalahan atau *defect* yang paling signifikan yang dilakukan perbaikan terlebih dahulu. Seperti pada subab sebelumnya, pengolahan data dengan *pareto chart* terbagi sesuai dengan proses yang berlaku.

4.2.5.1 Pareto Chart pada Incoming Material

Pada bagian ini akan dipaparkan pengolahan data dengan menggunakan *pareto chart*. Adapun data yang diolah yaitu berdasarkan pada *defect* yang terjadi pada proses *incoming material*. Gambar 4.82 menunjukkan *pareto chart* pada tahap *incoming material* untuk melihat *defect* yang paling kritis:

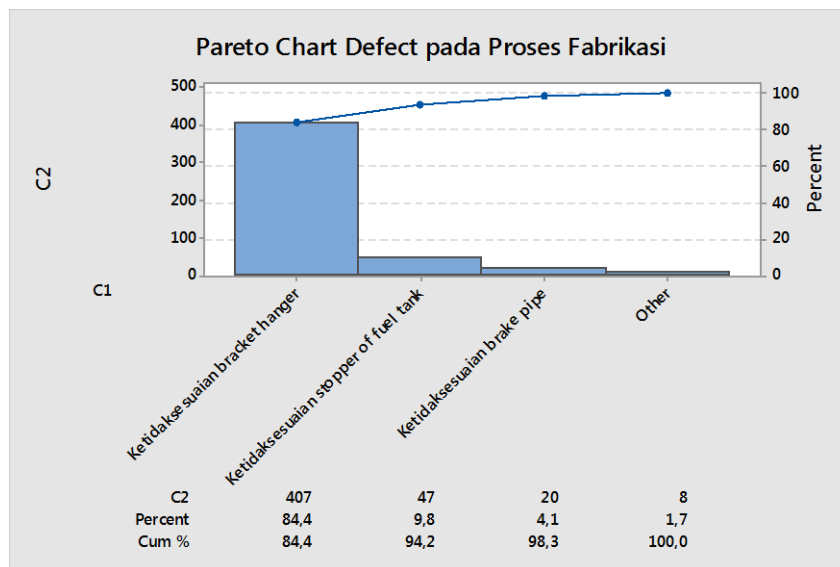


Gambar 4. 82 Pareto Chart pada Incoming Material

Berdasarkan diagram pareto pada gambar 4.82 pada proses incoming material, terlihat bahwa defect yang paling banyak menemui kesalahan (paling kritis) yaitu ketidaksesuaian *guide rubber*, ketidaksesuaian *rubber for side bearer*, serta ketidaksesuaian *welding bolt rubber base*.

4.2.5.2 Pareto Chart pada Proses Fabrikasi

Pada bagian ini akan dipaparkan pengolahan data dengan menggunakan *pareto chart*. Gambar 4.83 menunjukkan *pareto chart* pada tahap *incoming material* untuk melihat *defect* yang paling kritis:

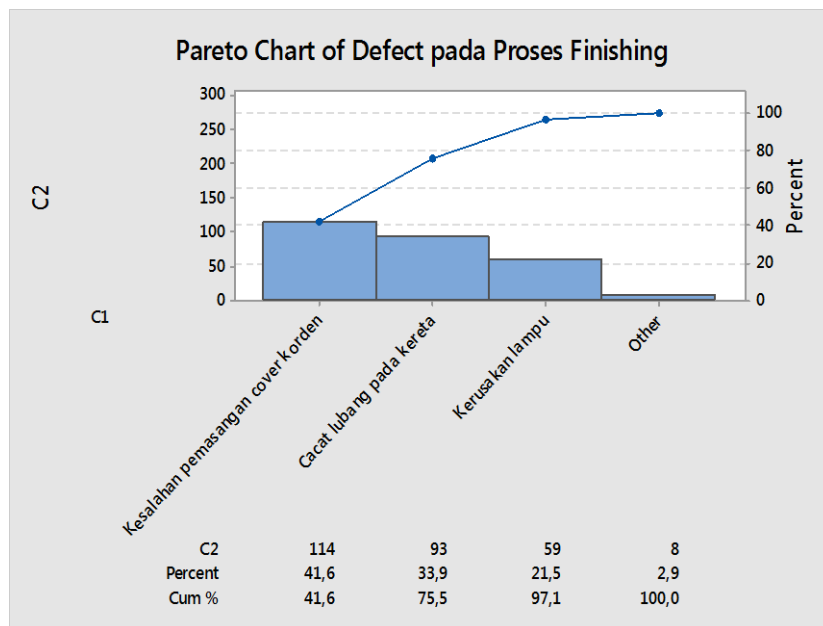


Gambar 4. 83 *Pareto Chart* pada Proses Fabrikasi

Berdasarkan diagram pareto pada gambar 4.83 pada proses fabrikasi, terlihat bahwa *defect* yang paling banyak terdapat kesalahan (paling kritis) yaitu ketidaksesuaian *bracket hanger*, ketidaksesuaian *stopper of fuel tank*, ketidaksesuaian *brake pipe*. Untuk ketiga *defect* yang paling kritis tersebut, selanjutnya perlu dilakukan identifikasi penyebab dari banyaknya *defect* yang terjadi.

4.2.5.3 *Pareto Chart* pada Proses *Finishing*

Pada bagian ini akan dipaparkan pengolahan data dengan menggunakan *pareto chart*. Adapun data yang diolah yaitu berdasarkan pada *defect* yang terjadi pada proses finishing Gambar 4.84 menunjukkan *pareto chart* pada tahap proses *finishing* untuk melihat *defect* yang paling kritis:

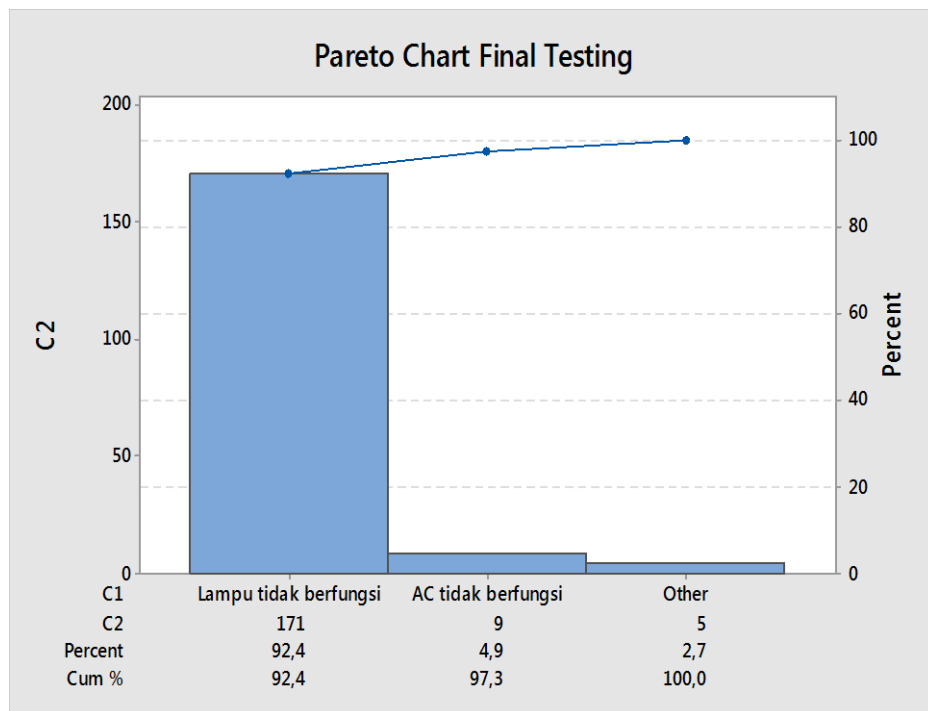


Gambar 4. 84 *Pareto Chart* pada Proses *Finishing*

Berdasarkan diagram pareto pada gambar 4.84 pada proses *finishing*, terlihat bahwa *defect* yang paling banyak terdapat kesalahan (paling kritis) yaitu audio headset tidak berfungsi, kesalahan pemasangan cover korden, serta cacat lubang pada kereta. Untuk ketiga *defect* yang paling kritis tersebut, selanjutnya perlu dilakukan identifikasi penyebab dari banyaknya *defect* yang terjadi.

4.2.5.4 *Pareto Chart* pada Proses *Final Testing*

Pada bagian ini akan dipaparkan pengolahan data dengan menggunakan *pareto chart*. Adapun data yang diolah yaitu berdasarkan pada *defect* yang terjadi pada proses *final testing*. Gambar 4.85 menunjukkan *pareto chart* pada tahap proses *final testing* untuk melihat *defect* yang paling kritis:



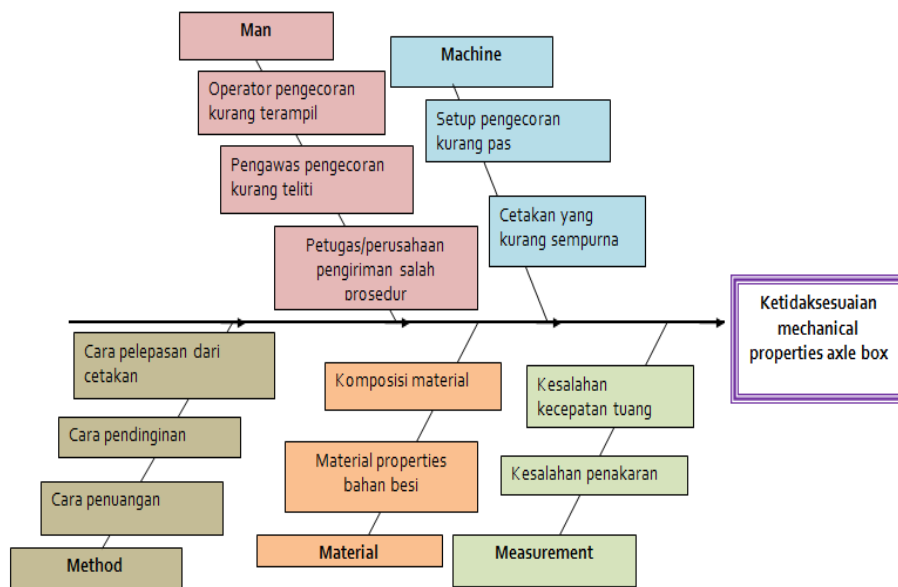
Gambar 4. 85 Pareto Chart pada Proses *Final Testing*

Berdasarkan diagram pareto pada gambar 4.85 pada proses *final testing*, terlihat bahwa *defect* yang paling banyak terdapat kesalahan (paling kritis) yaitu lampu tidak berfungsi. Dapat dilihat pada gambar tersebut terdapat perbedaan yang signifikan antar *defect*, maka dari itu *defect* lampu tidak berfungsi perlu untuk diidentifikasi penyebabnya.

4.2.6 Fishbone Diagram

Untuk dapat mengetahui kemungkinan penyebab dari dampak cacat yang terjadi, maka perlu dilakukan pengolahan data dengan menggunakan *fishbone diagram*. Hal tersebut bertujuan untuk pengambilan langkah penyelesaian masalah dengan mendata seluruh kemungkinan penyebab. Pengolahan data dengan menggunakan *fishbone diagram* tidak dilakukan pada masing-masing *defect* pada seluruh proses, melainkan perwakilan *defect* pada tiap proses.

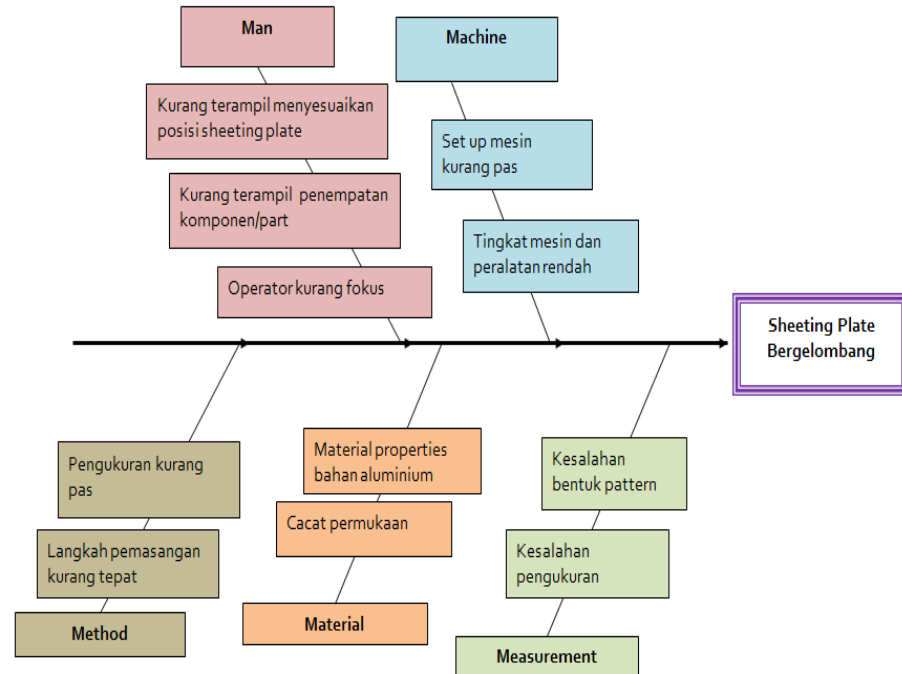
Gambar 4.86 menunjukkan *fishbone diagram* pada *defect* ketidaksesuaian *mechanical properties axle box*:



Gambar 4. 86 *Fishbone Diagram Ketidaksesuaian Mechanical Properties Axle Box*

Gambar 4.86 menunjukkan kemungkinan faktor penyebab dari adanya ketidaksesuaian *mechanical properties axle box* yang terdiri dari faktor *man*, *machine*, *measurement*, *material* dan *method*. Ketidaksesuaian yang terjadi berada pada proses pengadaan material, sehingga *defect* yang terjadi kemungkinan disebabkan oleh faktor manusia yaitu petugas/ perusahaan pengiriman melakukan kesalahan yang disebabkan adanya koordinasi yang buruk. Di samping itu, terdapat kesalahan petugas pengecoran yang kurang teliti selama proses, serta operator yang kurang terampil. Dari aspek mesin, kemungkinan terjadinya ketidaksesuaian pada *mechanical properties axle box* yaitu kesalahan pada saat *sett up* pengecoran serta cetakan yang kurang sempurna. Pada aspek pengukuran, *defect* yang terjadi kemungkinan disebabkan oleh faktor kesalahan penakaran, dan kesalahan kecepatan tuang. Dari segi material juga memiliki kemungkinan yang berpengaruh terhadap cacat yang terjadi yaitu dari segi bahan serta komposisi material. Metode saat pengecoran antara lain cara penuangan, pendinginan, serta cara pelepasan dari cetakan dapat menjadi kemungkinan faktor ketidaksesuaian *axle box*.

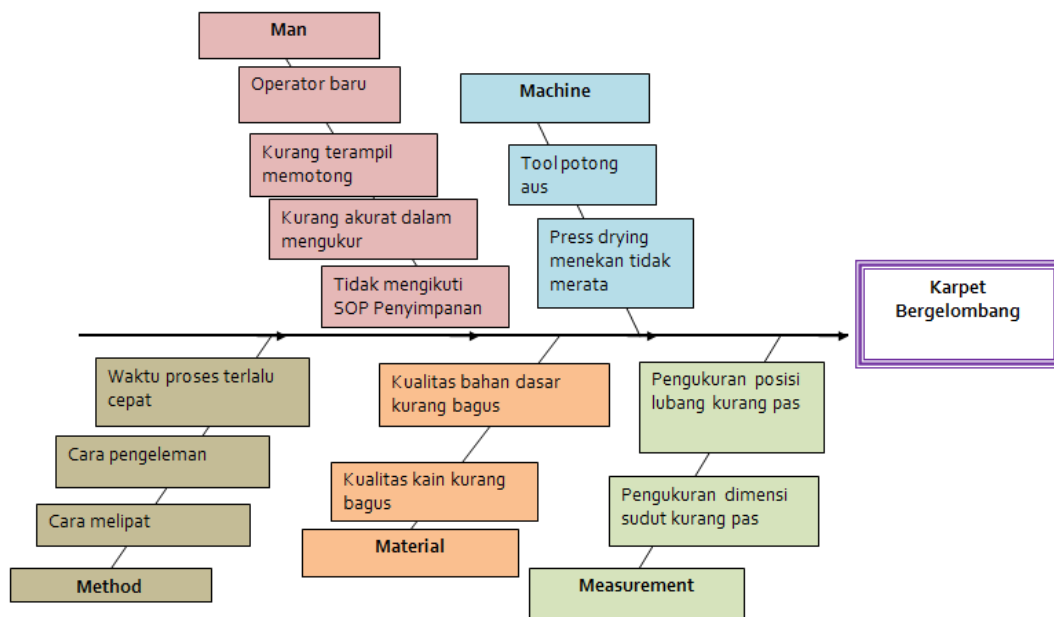
Gambar 4.87 menunjukkan faktor kemungkinan ketidaksesuaian *car body* dalam bentuk *fishbone diagram*:



Gambar 4. 87 *Fishbone Diagram Sheeting Plate Bergelombang*

Gambar 4.87 menunjukkan *fishbone* diagram dari sheeting plate bergelombang. Adanya *defect* tersebut dapat disebabkan oleh berbagai faktor yaitu metode, material, pengukuran, manusia, serta mesin. Dalam aspek material, bahan material serta adanya cacat dapat menjadi penyebab faktor dari sheeting plate bergelombang. Dalam aspek metode, terdapat langkah pemasangan yang kurang tepat serta pengukuran kurang pas. Sedangkan dalam aspek pengukuran terdapat kesalahan pengukuran, serta kesalahan bentuk *pattern*. Operator juga dapat menjadi faktor dalam sheeting plate bergelombang diantaranya yaitu keterampilan operator serta perilaku operator yang kurang fokus. Pada aspek mesin, tingkat kehandaln mesin dan peralatan rendah.

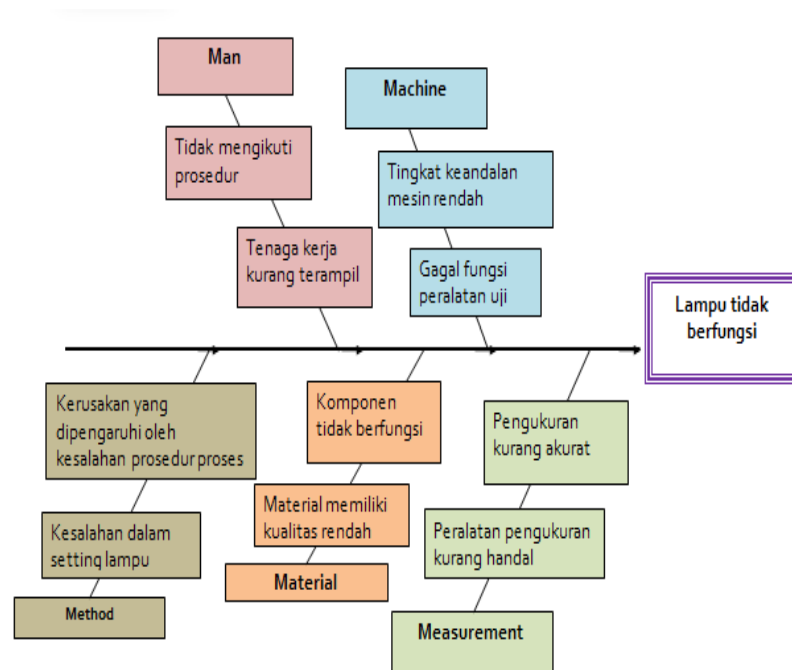
Selanjutnya *defect* yang diidentifikasi kemungkinan penyebab terjadinya yaitu karpet bergelombang. Gambar 4.88 menunjukkan *fishbone diagram* dari karpet bergelombang:



Gambar 4. 88 *Fishbone Diagram* Karpets Bergelombang

Berdasarkan gambar 4.88, dapat diidentifikasi penyebab dari jenis *defect* karpets yang bergelombang. *Defect* tersebut terjadi pada proses *finishing*, di mana pada proses tersebut terdapat proses pemasangan karpets. Adanya karpets yang bergelombang dapat disebabkan oleh metode cara pemasangan karpets antara lain cara melipat, cara pengeleman, waktu proses yang terlalu cepat. Adanya metode yang tidak baik tersebut dapat dipengaruhi oleh tingkat ketrampilan operator yang kurang, serta operator yang tidak mengikuti SOP. Selain itu, *defect* tersebut disebabkan oleh kualitas bahan dan kain dari karpets. Dari segi pengukuran, dapat dipengaruhi oleh pengukuran dimensi sudut yang kurang pas, serta posisi lubang kurang pas. Pengaruh kapabilitas dari mesin juga berdampak pada *defect* tersebut.

Gambar 4.89 menunjukkan gambar *fishbone diagram* pada lampu tidak berfungsi:

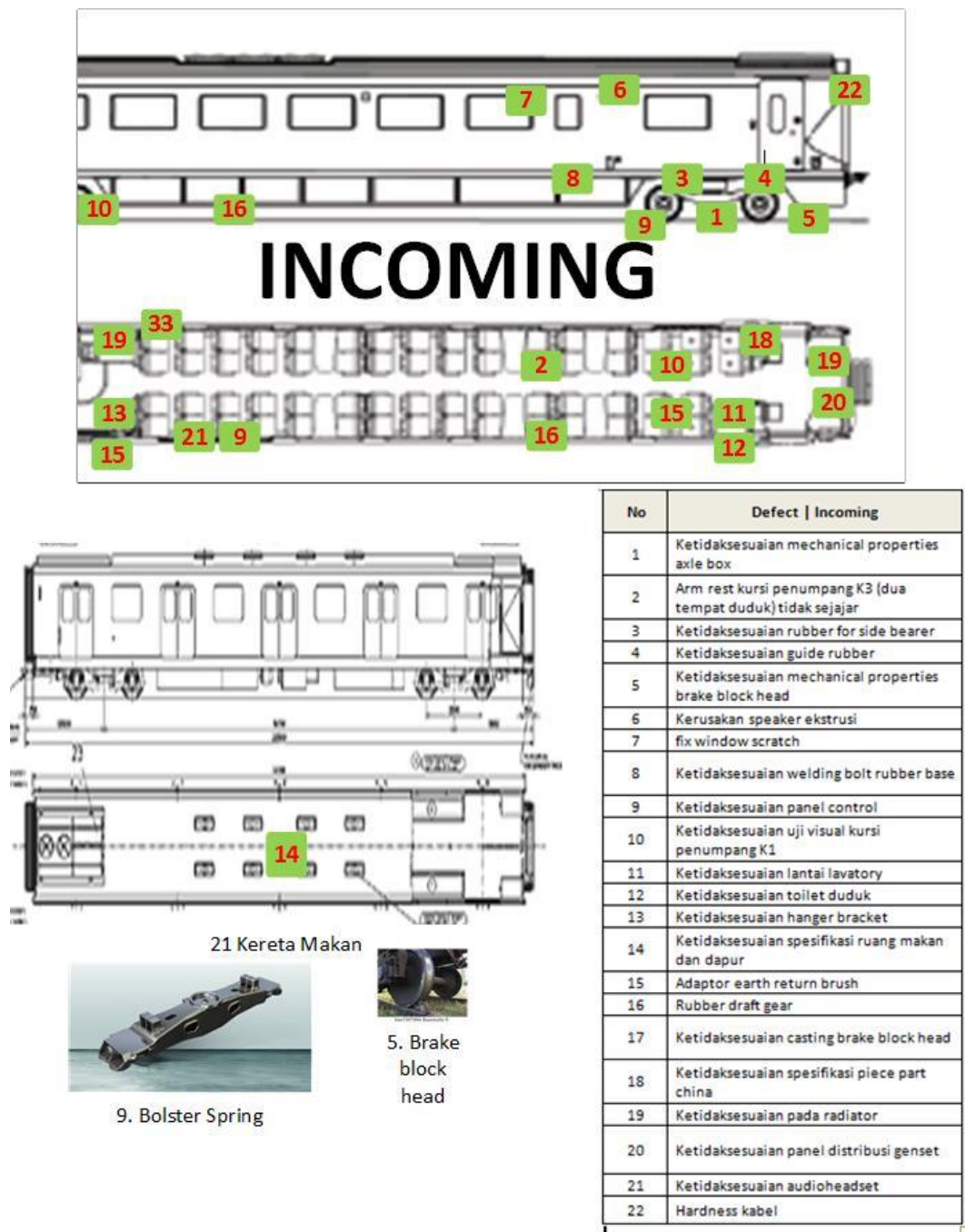


Gambar 4. 89 *Fishbone Diagram* Lampu Tidak Berfungsi

Berdasarkan gambar 4.89 dapat diketahui kemungkinan faktor dari lampu tidak berfungsi. Faktor-faktor tersebut diantaranya yaitu kesalahan prosedur dalam proses pengujian lampu, kesalahan dalam *setting* lampu, kualitas dari material, keakuratan pengukuran kurang, ketrampilan tenaga kerja yang kurang,serta dari aspek tingkat keandalan mesin yang rendah.

4.2.7 *Defect Concentration Diagram*

Pada bagian ini akan dipaparkan mengenai *defect concentration diagram*. Diagram tersebut digunakan untuk memberikan gambaran informasi mengenai lokasi cacat pada suatu produk sehingga memudahkan dalam memberikan rekomendasi perbaikan terhadap suatu cacat pada produk. Gambar 4.90 menunjukkan *defect concentration diagram* pada proses *incoming material*:

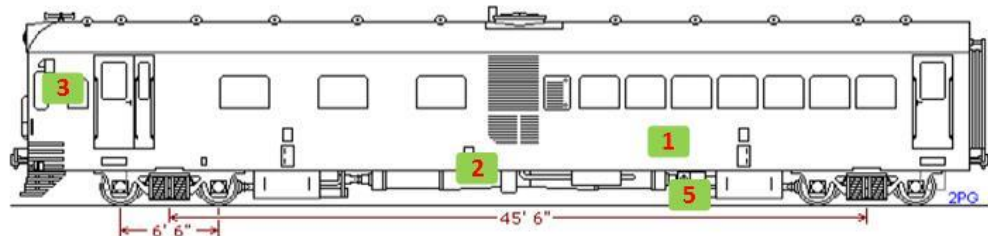


Gambar 4. 90 Defect Concentration Diagram Proses Incoming Material

Gambar 4.90 menunjukkan gambaran jenis *defect* pada proses *incoming material* beserta lokasi *defect* yang ada pada kereta. Dengan adanya penggambaran *defect*, maka dapat memudahkan dalam membaca jenis *defect* yang

ada, sehingga dapat memudahkan analisis serta langkah yang tepat untuk mencegahnya.

Gambar 4.91 menunjukkan *defect concentration diagram* pada proses fabrikasi:



FABRIKASI

No	Defect
1	Ketidaksesuaian side wall (sheeting plate bergelombang)
2	Ketidaksesuaian stopper of fuel tank
3	Ketidaksesuaian bracket hanger
4	Ketidaksesuaian brake pipe

Gambar 4. 91 *Defect Concentration Diagram* Proses Fabrikasi

Gambar 4.91 menunjukkan gambaran jenis *defect* pada proses fabrikasi beserta lokasi *defect* yang ada pada kereta. Dengan adanya penggambaran *defect*, maka dapat memudahkan dalam membaca jenis defect yang ada, sehingga dapat memudahkan analisis serta langkah yang tepat untuk mencegahnya.

Gambar 4.92 menunjukkan *defect concentration diagram* pada proses *finishing*:



Gambar 4. 92 *Defect Concentration Diagram* Proses *Finishing*

Gambar 4.92 menunjukkan gambaran jenis *defect* pada proses *finishing* beserta lokasi *defect* yang ada pada kereta. Dengan adanya penggambaran *defect*, maka dapat memudahkan dalam membaca jenis defect yang ada, sehingga dapat memudahkan analisis serta langkah yang tepat untuk mencegahnya.

Gambar 4.93 menunjukkan *defect concentration diagram* pada proses *final testing*:



No.	Jenis Cacat Final Testing
1	AC tidak berfungsi
2	Power kereta tidak berfungsi
3	Lampu tidak berfungsi

FINAL TESTING

Gambar 4. 93 *Defect Concentration Diagram* Proses *Final Testing*

Gambar 4.93 menunjukkan gambaran jenis *defect* pada proses finishing beserta lokasi *defect* yang ada pada kereta. Dengan adanya penggambaran *defect*, maka dapat memudahkan dalam membaca jenis *defect* yang ada, sehingga dapat memudahkan analisis serta langkah yang tepat untuk mencegahnya.

4.3 Pembobotan Nilai Setiap *Defect* pada Proses Pengendalian Kualitas

Sebelum pengolahan data dengan penerapan *lean thinking*, dilakukan pembobotan nilai *defect* pada beberapa *tools* dalam *statistical process control*.

Penilaian tersebut bertujuan untuk mengetahui seberapa besar tingkat *defect* beserta dampaknya terhadap potensi kerugian.

Pada pengolahan data *control chart*, penilaian bobot *defect* yang didasarkan jumlah data yang *outlier*. Untuk *fishbone diagram*, penilaian dilakukan berdasarkan diketahui bobot serta nilai dari masing-masing faktor dan sub faktor pada *fishbone diagram*. Semakin banyak total jumlah sub faktor, maka semakin sulit dalam memecahkan *problem* dalam *defect* tersebut. Pembobotan untuk *pareto chart* dan histogram disatukan, hal tersebut dikarenakan interpretasi untuk kedua *tools* sama yaitu histogram untuk mengetahui persebaran data, sedangkan *pareto chart* digunakan untuk mengetahui *defect* yang memberikan dampak yang sangat signifikan. Dalam hal ini, pembobotan nilai didasarkan pada berapa jumlah *defect* yang terjadi pada tiap-tiap proses untuk dapat mencapai jumlah kumulatif 80%.. Untuk dua *tools* yang lain seperti *scatter plot* dan *defect concentration diagram* tidak dilakukan pembobotan. Hal tersebut dikarenakan pada *scatter plot* tidak dibahas karna terdapat keterbatasan pada data acuan. Sedangkan untuk *tools defect concentration diagram*, tidak terdapat data yang dapat dibandingkan. Berdasarkan penilaian tiap *defect*, maka penilaian bobot pada *seven tools of quality control* ditampilkan pada tabel 4.59.

Tabel 4. 59 Penilaian Bobot pada Tiap *Defect* dalam *Statistical process Control*

Defect/ Variabel	Seven Tools					Rata-rata
	1	2	3	4	5	
	Check Sheet	Control Chart	Histogram	Pareto Chart	Fishbone Diagram	
Ketidaksesuaian mechanical properties axle box	3	3	5		3	3,5
Arm rest kursi penumpang K3 (dua tempat duduk) tidak sejajar	3	3	5		3	3,5
Ketidaksesuaian rubber for side bearer	5	5	5		3	4,5

Defect/ Variabel	Seven Tools					Rata-rata
	1	2	3	4	5	
	Check Sheet	Control Chart	Histogram	Pareto Chart	Fishbone Diagram	
Ketidaksesuaian guide rubber	5	5	5		3	4,5
Ketidaksesuaian mechanical properties brake block head	5	5	5		3	4,5
Kerusakan speaker ekstrusi	3	3	5		3	3,5
fix window scratch	4	3	5		3	3,75
Ketidaksesuaian welding bolt rubber base	5	5	5		3	4,5
Ketidaksesuaian panel control	3	4	5		3	3,75
Ketidaksesuaian uji visual kursi penumpang K1	3	3	5		3	3,5
Ketidaksesuaian lantai lavatory	3	3	5		3	3,5
Ketidaksesuaian toilet duduk	3	3	5		3	3,5
Ketidaksesuaian hanger bracket	3	3	5		3	3,5
Ketidaksesuaian spesifikasi lampu ruang makan dan dapur	4	5	5		3	4,25
Adaptor earth return brush	5	5	5		3	4,5
Rubber draft gear	5	5	5		3	4,5
Ketidaksesuaian casting brake block head	5	5	5		3	4,5
Ketidaksesuaian spesifikasi piece part china	3	3	5		3	3,5
Ketidaksesuaian pada radiator	3	3	5		3	3,5
Ketidaksesuaian panel distribusi genset	3	3	5		3	3,5
Ketidaksesuaian	4	3	5		3	3,75

Defect/ Variabel	Seven Tools					Rata-rata
	1	2	3	4	5	
	Check Sheet	Control Chart	Histogram	Pareto Chart	Fishbone Diagram	
audioheadset						
Hardness kabel	3	3	5		3	3,5
Ketidaksesuaian side wall (sheeting plate bergelombang)	3	3	4		3	3,25
Ketidaksesuaian stopper of fuel tank	3	3	4		3	3,25
Ketidaksesuaian bracket hanger	3	3	4		3	3,25
Ketidaksesuaian brake pipe	3	4	4		3	3,5
Tinggi Center Pivot dari Atas Rel pada Beban Kosong	3	3	5		3	3,5
Tinggi Center Pivot dari Atas Rel pada Beban Normal	3	3	5		3	3,5
Tinggi Center Pivot dari Atas Rel pada Beban Maksimum	3	3	5		3	3,5
Tinggi bogie frame dari atas rel pada beban kosong	2	3	5		3	3,25
Tinggi bogie frame dari atas rel pada beban normal	2	3	5		3	3,25
Tinggi bogie frame dari atas rel pada beban maksimum	2	3	5		3	3,25
Jarak stopper bolster dengan spring plank pada beban kosong	2	3	5		3	3,25

Defect/ Variabel	Seven Tools					Rata-rata
	1	2	3	4	5	
	Check Sheet	Control Chart	Histogram	Pareto Chart	Fishbone Diagram	
Jarak stopper bolster dengan spring plank pada beban normal	2	3	5		3	3,25
Jarak stopper bolster dengan spring plank pada beban maksimum	3	3	5		3	3,5
Permukaan karpet bergelombang	3	3	5		4	3,75
Cacat lubang pada kereta	4	3	5		5	4,25
Kesalahan pemasangan cover korden	4	3	5		5	4,25
Kerusakan lampu	4	4	5		5	4,25
AC tidak berfungsi	3	3	3		3	3
Power kereta tidak berfungsi	3	3	3		3	3
Lampu tidak berfungsi	4	5	3		3	3,75

Keterangan:

1= Tidak signifikan terhadap potensi kerugian atau spesifikasi terpenuhi

2=Kurang signifikan terhadap potensi kerugian atau spesifikasi cukup terpenuhi

3=Cukup signifikan terhadap potensi kerugian atau spesifikasi kurang terpenuhi

4=Signifikan terhadap potensi kerugian atau spesifikasi tidak dipenuhi

5=Sangat signifikan terhadap potensi kerugian atau tidak spesifikasi tidak dipenuhi

Dalam penentuan pemilihan data *defect* yang akan diidentifikasi pada pengolahan data dengan konsep *lean thinking*, ditetapkan nilai 3,5 sebagai *threshold*, sehingga data *defect* yang memiliki nilai rata-rata lebih dari nilai 3,5 akan ditindaklanjuti pada pengolahan data dengan menggunakan *lean thinking*. Selanjutnya, berdasarkan bobot dilakukan pemilihan *defect* yang paling berpengaruh terhadap kerugian. Berdasarkan perhitungan rata-rata, maka *defect* yang terpilih yaitu *defect* yang memiliki rata-rata nilai lebih dari 3.5.

4.4 Pengolahan Data dengan *Lean Manufacturing* pada Proses Pengendalian Kualitas

Pada bagian ini dipaparkan mengenai pengolahan data dengan konsep *lean thinking*. Konsep tersebut terdiri dari enam tahapan yang terdiri dari identifikasi *waste*, penen target untuk penurunan *waste* (*setting the direction*), *big picture mapping*, pemetaan terperinci, keterlibatan *supplier* dan pelanggan, serta evaluasi rencana dengan kondisi eksisting industri kereta api.

4.4.1 Identifikasi *Waste* pada Proses Pengendalian Kualitas

Klasifikasi *waste* pada tahapan ini berdasarkan Shigeo Shingo yaitu *seven wastes* yang terdiri dari *over production*, *error*, *unnecessary inventory*, *inappropriate processing*, *excessive transportation*, *waiting*, dan *unnecessary motion*. Pendefinisian *waste* pada tahap ini berbeda dengan *waste* pada proses produksi, pada tahap ini *waste* yang diidentifikasi merupakan *waste* yang ada pada lingkup proses pengendalian kualitas.

Pada subbab sebelumnya telah dilakukan penilaian *defect* pada beberapa metode *seven tools*. *Output* dari penilaian tersebut adalah melakukan pemilihan *defect* yang paling berpengaruh terhadap kerugian. *Defect* yang terpilih tersebut menjadi *input* pada proses pengolahan dengan penerapan *lean thinking*.

Tabel 4.61 menunjukkan identifikasi *waste* yang ada pada tiap proses pengendalian kualitas. Seperti yang telah dipaparkan sebelumnya, bahwa pendefinisian *waste* pada proses pengendalian kualitas dan proses produksi berbeda. Untuk *waste over production* pada proses pengendalian kualitas

cenderung pada definisi jumlah pengukuran untuk inspeksi yang berlebihan. Untuk *waste defects* memiliki definisi tentang frekuensi kealahan dalam pendefinisian defect atau tidak. Pada *waste unnecessary inventory*, defect yang terjadi yaitu frekuensi pencataan yang banyak yang menyebabkan penumpukan data. Definisi *waste inapproptiate processing* yaitu pada kesalahan prosedur inspeksi. Pada *excessive transportation*, waste yang terjadi yaitu mengenai kelebihan pergerakan data pada aktivitas pengendalian kualitas. Sedangkan jenis waste *waiting* yaitu proses pengendalian kualitas yang tertunda karena peralatan inspeksi tidak memadai.

Tabel 4. 61 Identifikasi *Waste* tiap *Defect* pada Proses Pengendalian Kualitas

<i>Defect</i>	<i>Overproduction</i>	<i>Error</i>	<i>Unnecessary Inventory</i>	<i>Inappropriate Processing</i>	<i>Excessive Transportation</i>	<i>Waiting</i>	<i>Unnecessary Motion</i>
Ketidaksesuaian rubber for side bearer	Uji pengukuran dimensi dilakukan berulang, pencatatan yang dilakukan secara manual, sehingga terdapat kemungkinan hilangnya dokumen inspection sheet, akibatnya dilakukan pencatatan berulang	Terdapat material yang lolos uji, namun saat pengoperasian pada proses final testing tidak dapat dioperasikan	Adanya pencatatan ulang pada saat dilakukan inspeksi menyebabkan penambahan <i>inventory</i>	Operator inspeksi melakukan kesalahan urutan prosedur inspeksi	Terdapat banyak macam aliran data dokumen inspection sheet	Material mengalami keterlambatan datang	Dilakukan inspeksi ulang karna terdapat kesalahan dalam proses inspeksi sebelumnya
Ketidaksesuaian guide rubber	Uji pengukuran dimensi dilakukan berulang untuk	Terdapat kesalahan klasifikasi uji	Penambahan dokumen inspection sheet akibat	Ketidaksesuaian instruksi kerja	Penataan layout pada ruang inspeksi kurang	Operator inspeksi terbatas,	Kapabilitas serta jumlah operator

<i>Defect</i>	<i>Overproduction</i>	<i>Error</i>	<i>Unnecessary Inventory</i>	<i>Inappropriate Processing</i>	<i>Excessive Transportation</i>	<i>Waiting</i>	<i>Unnecessary Motion</i>
	dapat memastikan kesesuaian ukuran, dilakukan pencatatan berulang	visual <i>defect</i> , terdapat material yang memiliki spesifikasi baik namun karna kesalahan tersebut, maka material ikut dilakukan pengembalian terhadap supplier. Hal tersebut dapat berdampak pada penambahan waktu untuk pemrosesan material serta biaya.	pencatatan yang berulang	mengenai langkah metode uji mekanik terhadap guide rubber	baik, sehingga menyebabkan operator inspeksi melakukan banyak pergerakan yang tidak berhubungan dengan inspeksi	sehingga beberapa material harus menunggu terlebih dahulu sebelum dilakukan inspeksi	inspeksi kurang, sehingga terdapat banyak gerakan diluar proses inspeksi
Ketidaksesuaian mechanical	Uji pengukuran dimensi dilakukan	Kesalahan pengkategorian	Tata letak penyimpanan	Operator melakukan uji	Tata letak gudang kurang	Alat untuk inspeksi yang	Terdapat gerakan

<i>Defect</i>	<i>Overproduction</i>	<i>Error</i>	<i>Unnecessary Inventory</i>	<i>Inappropriate Processing</i>	<i>Excessive Transportation</i>	<i>Waiting</i>	<i>Unnecessary Motion</i>
properties brake block head	berulang untuk dapat memastikan kesesuaian ukuran, dilakukan pencatatan berulang	n cacat pada uji mekanik	peralatan inspeksi tidak teratur. Hal tersebut diakibatkan terdapat operator inspeksi yang meletakkan peralatan bukan di tempat yang semestinya	mekanik tidak sesuai dengan ketentuan	baik	memadai memiliki jumlah terbatas	diluar proses inspeksi yang dilakukan oleh operator
fix window scratch	Uji operasional dilakukan lebih dari sekali	Terdapat material yang lolos uji, namun	Terdapat pencatatan defect yang berulang mengakibatkan	Terdapat kurangnya koordinasi antara supplier	Penataan dokumen kurang terorganisir, mengakibatkan	Terjadi keterlambatan pengiriman barang oleh	Terdapat pengulangan inspeksi serta penambahan

<i>Defect</i>	<i>Overproduction</i>	<i>Error</i>	<i>Unnecessary Inventory</i>	<i>Inappropriate Processing</i>	<i>Excessive Transportation</i>	<i>Waiting</i>	<i>Unnecessary Motion</i>
		mengalami cacat pada saat pengoperasian	penumpukan dokumen yang disimpan	dengan perusahaan sehingga terjadi ketidaksesuaian spesifikasi produk	adanya penambahan proses yang tidak perlu	supplier	gerak operator yang tidak perlu
Ketidaksesuaian welding bolt rubber base	Uji pengukuran dimensi dilakukan berulang, pencatatan yang dilakukan secara manual, sehingga terdapat kemungkinan hilangnya dokumen inspection sheet, akibatnya dilakukan pencatatan berulang	Terdapat kesalahan pengkategorian material defect atau tidak karna kesalahan peralatan ukur	Keterbatasan kapabilitas peralatan inspeksi menyebabkan adanya pengujian ulang yang berdampak pada penambahan data pada inspection sheet	Terdapat pengujian ulang menyebabkan penambahan proses inspeksi	Terdapat banyak macam aliran data dokumen inspection sheet	Peralatan untuk uji metalografi terbatas	Keterbatasan jumlah peralatan, mengakibatkan operator inspeksi perlu untuk melakukan banyak perpindahan untuk menginspeksi material
Ketidaksesuaian panel control	Uji visual defect dan uji	Terdapat kesalahan	Terdapat uji visual defect yang	Terdapat kesalahan	Terdapat banyak macam aliran	Terdapat keterbatasan	Operator inspeksi

<i>Defect</i>	<i>Overproduction</i>	<i>Error</i>	<i>Unnecessary Inventory</i>	<i>Inappropriate Processing</i>	<i>Excessive Transportation</i>	<i>Waiting</i>	<i>Unnecessary Motion</i>
	pengukuran dimensi panel control dilakukan berulang, terdapat kesalahan pada urutan metode uji pengukuran dimensi	metode uji visual yang menyebabkan kesalahan pendefinisian defect panel control	dilakukan berulang mengakibatkan inventory dokumen bertambah	dalam melakukan prosedur inspeksi	data dokumen inspection sheet	jumlah pekerja serta peralatan yang kurang memadai dalam uji pengukuran dimensi panel control	melakukan aktivitas diluar aktivitas inspeksi, dikarenakan keterbatasan jumlah operator serta alat ukur yang kurang memadai
Ketidaksesuaian lampu spesifikasi ruang makan dan dapur	Uji kesesuaian spesifikasi lampu memerlukan proses yang	Hasil uji kesesuaian spesifikasi lampu tidak	Jumlah pencatatan berulang pada uji visual menyebabkan penambahan	Keterbatasan kelengkapan, peralatan menyebabkan	Pergerakan aliran informasi cacat menyebabkan	Kesalahan koordinasi dengan supplier	Metode kerja pada pengujian tidak

<i>Defect</i>	<i>Overproduction</i>	<i>Error</i>	<i>Unnecessary Inventory</i>	<i>Inappropriate Processing</i>	<i>Excessive Transportation</i>	<i>Waiting</i>	<i>Unnecessary Motion</i>
	panjang dan melibatkan banyak peralatan sehingga mengakibatkan waktu proses yang lama	sesuai dengan kondisi eksisting lampu yang ada. Hal tersebut berdampak pada material lampu yang lolos uji, namun tidak dapat dioperasikan	inventory untuk dokumen	operator melakukan kesalahan prosedur inspeksi	penambahan transportasi	sehingga terjadi keterlambatan kedatangan material	konsisten
Adaptor earth return brush	Uji pengukuran dimensi dilakukan sangat panjang	Terdapat kesalahan pengkategorian dalam klasifikasi <i>defect</i>	Terdapat penumpukan data	Keterbatasan alat inspeksi menyebabkan operator melakukan pengujian diluar prosedur	Tata letak peralatan serta material cukup jauh menyebabkan penambahan transportasi	Terjadi keterlambatan dalam pemesanan material	Terdapat pengambilan ulang material di gudang

<i>Defect</i>	<i>Overproduction</i>	<i>Error</i>	<i>Unnecessary Inventory</i>	<i>Inappropriate Processing</i>	<i>Excessive Transportation</i>	<i>Waiting</i>	<i>Unnecessary Motion</i>
Rubber draft gear	Uji operasional fungsi dari brake block head dilakukan berulang	Terdapat kesalahan pengkategorian dalam klasifikasi defect	Pencatatan uji fungsi yang berulang menyebabkan penumpukan dokumen	Operator inspeksi melakukan proses inspeksi yang tidak sesuai dengan prosedur yang ditetapkan	Aliran pergerakan material sangat panjang	Ruang untuk inspeksi terbatas sehingga material serta peralatan perlu untuk dilakukan pemindahan	Terdapat penambahan gerakan untuk pemindahan material dan peralatan inspeksi
Ketidaksesuaian casting brake block head	Kesalahan pencatatan kategori defect menyebabkan operator inspeksi, melakukan pencatatan ulang	Peralatan yang digunakan selama proses inspeksi kurang memadai, menyebabkan kesalahan klasifikasi defect atau tidak	Layout penataan gudang material kurang baik	Operator banyak melakukan kegiatan diluar prosedur inspeksi	Jarak antara gudang material dengan ruang inspeksi cukup jauh	Peralatan untuk uji mekanis serta operator inspeksi memiliki jumlah terbatas	Terdapat aktivitas pencatatan ulang

<i>Defect</i>	<i>Overproduction</i>	<i>Error</i>	<i>Unnecessary Inventory</i>	<i>Inappropriate Processing</i>	<i>Excessive Transportation</i>	<i>Waiting</i>	<i>Unnecessary Motion</i>
Ketidaksesuaian audioheadset	Uji fungsi audioheadset dilakukan berulang oleh operator inspeksi yang berbeda	Kesalahan operator inspeksi dalam pencatatan klasifikasi defect atau tidak	Penyimpanan dokumen inspection sheet dan non conformity report kurang terorganisir	Keterbatasan material handling menyebabkan operator melakukan kegiatan pemindahan sangat banyak	Keterbatasan material handling untuk memindahkan material untuk dilakukan pengujian	Kekurangan tenaga kerja untuk inspeksi audioheadset	Operator inspeksi melakukan aktivitas diluar aktivitas inspeksi
Permukaan karpet bergelombang	Uji visual dilakukan berulang-ulang untuk mendapatkan hasil yang pasti	Terdapat kesalahan dalam inspeksi ukuran dimensi karpet yang	Penataan peralatan inspeksi yang kurang rapi menyebabkan penambahan proses	Adanya tata letak alat uji inspeksi yang kurang baik menyebabkan adanya penambahan	Tata letak alat uji inspeksi kurang baik menyebabkan penambahan transportasi dan proses	Ruangan untuk inspeksi terbatas, sehingga perlu menunggu	Terdapat penambahan pergerakan untuk memindahkan material dan peralatan

<i>Defect</i>	<i>Overproduction</i>	<i>Error</i>	<i>Unnecessary Inventory</i>	<i>Inappropriate Processing</i>	<i>Excessive Transportation</i>	<i>Waiting</i>	<i>Unnecessary Motion</i>
		disebabkan oleh peralatan inspeksi yang kurang memadai. Hal tersebut berakibat pada kesalahan pencatatan klasifikasi defect		proses		pemindahan material dan peralatan menuju ruangan inspeksi yang memadai	inspeksi
Cacat lubang pada kereta	Uji terhadap depth surface dilakukan secara rinci dan berulang	Terdapat kesalahan pendefinisian hasil uji terhadap depth surface yang berakibat pada kesalahan pengkategorian defect	Terdapat pencatatan yang berulang mengakibatkan jumlah penyimpanan untuk dokumen inspection sheet dan nonconformity report bertambah	Operator inspeksi melakukan uji depth surface tidak sesuai prosedur	Operator menempatkan peralatan uji tidak sesuai yang semestinya	Terdapat kelalaian operator inspeksi dalam melakukan uji depth surface	Banyak aktivitas diluar aktivitas inspeksi

<i>Defect</i>	<i>Overproduction</i>	<i>Error</i>	<i>Unnecessary Inventory</i>	<i>Inappropriate Processing</i>	<i>Excessive Transportation</i>	<i>Waiting</i>	<i>Unnecessary Motion</i>
Kesalahan pemasangan cover korden	Uji visual defect dilakukan berulang	Terdapat kesalahan klasifikasi defect, dimana material korden lolos uji pada tahap incoming, namun pada saat pemasangan korden, terdapat spesifikasi pengukuran dimensi yang tidak tepat sehingga terjadi kesalahan pemasangan	Area penyimpanan peralatan terbatas mengakibatkan peralatan inspeksi tidak diletakkan di tempat yang semestinya	Terjadi banyak rework dalam proses inspeksi karena keterbatasan jumlah operator	Operator proses lain diluar proses inspeksi	Keterbatasan jumlah tenaga kerja dalam melakukan inspeksi uji visual mengakibatkan beberapa material mengalami penundaan untuk dilakukan inspeksi	Terdapat rework serta pengaruh keterbatasan operator inspeksi

<i>Defect</i>	<i>Overproduction</i>	<i>Error</i>	<i>Unnecessary Inventory</i>	<i>Inappropriate Processing</i>	<i>Excessive Transportation</i>	<i>Waiting</i>	<i>Unnecessary Motion</i>
Kerusakan lampu	Pengujian terhadap instalasi lampu dilakukan berulang untuk memastikan apakah terdapat kendala saat instalasi	Kurangnya ketrampilan operator dalam menginspeksi menyebabkan kesalahan pencatatan kategori cacat dalam inspection sheet	Operator inspeksi melakukan pencatatan ulang	Adanya keterbatasan alat inspeksi menyebabkan operator melakukan inspeksi tidak sesuai prosedur	Ketidaksesuaian layout akibat operator meletakkan peralatan inspeksi tidak sesuai yang ditetapkan	Alat untuk inspeksi mengalami kerusakan sehingga pengerjaan untuk inspeksi mengalami penundaan	Alat untuk inspeksi disimpan pada tempat yang tidak sesuai
Lampu tidak berfungsi	Kesalahan instalasi listrik mengakibatkan inspektor untuk memperbaiki terlebih dahulu kemudian melakukan	Kesalahan peralatan uji mengakibatkan kesalahan dalam pendefinisian defect, akibatnya	Jumlah pencatatan defect yang dilakukan berulang sehingga menyebabkan penyimpanan yang lebih banyak	Operator inspeksi melakukan pengujian diluar prosedur yang ditetapkan	Terdapat banyak macam aliran data dokumen inspection sheet	Terdapat rework dari pengerjaan instalasi lampu	Terdapat banyak inspeksi ulang dikarenakan banyak terjadinya rework serta

<i>Defect</i>	<i>Overproduction</i>	<i>Error</i>	<i>Unnecessary Inventory</i>	<i>Inappropriate Processing</i>	<i>Excessive Transportation</i>	<i>Waiting</i>	<i>Unnecessary Motion</i>
	inspeksi, pencatatan hasil inspeksi dilakukan berulang	lampu yang dikategorikan lolos uji, namun pada proses final testing tidak dapat dioperasikan					pengaruh dari skill pekerja yang kurang memadai

4.4.2 Penentuan Target Pengurangan Waste (*Setting The Direction*)

Setelah mengidentifikasi *waste*, dilakukan tahapan penentuan target pengurangan *waste*. Hal ini penting karna salah satu kesulitan dalam penerapan *lean thinking* dalam suatu perusahaan yaitu perusahaan kekurangan arahan serta kekurangan perencanaan. Maka dari itu, perlu penetapan target untuk dapat mengurangi *waste* yang terjadi di perusahaan. Semua data yang dipergunakan adalah estimasi (contoh). Tabel 4.62 menunjukkan frekuensi terjadinya *waste* selama Bulan Januari-Mei serta target penurunan frekuensi *waste*.

Tabel 4. 62 Penetapan Target Penurunan Frekuensi Waste

Jenis Defect	Waste	Frekuensi Kejadian pada Kondisi Eksisting selama Bulan Januari-Mei	Target	Frekuensi Kejadian pada Kondisi Perbaikan selama 5 Bulan
Ketidaksesuaian rubber for side	Uji pengukuran dimensi dilakukan berulang, serta pencatatan defect yang dilakukan secara manual, sehingga terdapat kemungkinan hilangnya dokumen inspection sheet, akibatnya dilakukan pencatatan berulang	18	50%	9
	Terdapat material yang lolos uji, namun saat pengoperasian pada proses final testing tidak dapat dioperasikan	17	25%	13

Jenis Defect	Waste	Frekuensi Kejadian pada Kondisi Eksisting selama Bulan Januari-Mei	Target	Frekuensi Kejadian pada Kondisi Perbaikan selama 5 Bulan
	Adanya pencatatan ulang pada saat dilakukan inspeksi menyebabkan penambahan <i>inventory</i>	18	50%	9
	Operator inspeksi melakukan kesalahan urutan prosedur inspeksi	11	25%	8
	Terdapat banyak macam aliran data dokumen inspection sheet	9	50%	5
	Material mengalami keterlambatan datang	28	50%	14
	Dilakukan inspeksi ulang karna terdapat kesalahan dalam proses inspeksi sebelumnya	13	50%	7
Ketidaksesuaian guide rubber	Uji pengukuran dimensi dilakukan berulang untuk dapat memastikan kesesuaian ukuran, dilakukan pencatatan berulang	11	50%	6
	Terdapat kesalahan klasifikasi uji visual <i>defect</i> , terdapat material yang memiliki spesifikasi baik namun karna kesalahan tersebut, maka material ikut dilakukan	13	25%	10

Jenis Defect	Waste	Frekuensi Kejadian pada Kondisi Eksisting selama Bulan Januari-Mei	Target	Frekuensi Kejadian pada Kondisi Perbaikan selama 5 Bulan
	pengembalian terhadap supplier. Hal tersebut dapat berdampak pada penambahan waktu untuk pemrosesan material serta biaya.			
	Penambahan dokumen inspection sheet akibat pencatatan yang berulang	12	50%	6
	Ketidaksesuaian instruksi kerja mengenai langkah metode uji mekanik terhadap guide rubber	24	25%	18
	Penataan layout pada ruang inspeksi kurang baik, sehingga menyebabkan operator inspeksi melakukan banyak pergerakan yang tidak berhubungan dengan inspeksi	26	50%	13
	Operator inspeksi terbatas, sehingga beberapa material harus menunggu terlebih dahulu sebelum dilakukan inspeksi	29	50%	15
	Kapabilitas serta jumlah operator inspeksi kurang, sehingga terdapat banyak gerakan	20	50%	10

Jenis Defect	Waste	Frekuensi Kejadian pada Kondisi Eksisting selama Bulan Januari-Mei	Target	Frekuensi Kejadian pada Kondisi Perbaikan selama 5 Bulan
	diluar proses inspeksi			
Ketidaksesuaian mechanical properties brake block head	Uji pengukuran dimensi dilakukan berulang untuk dapat memastikan kesesuaian ukuran, dilakukan pencatatan berulang	26	50%	13
	Kesalahan pengkategorian cacat pada uji mekanik	22	25%	17
	Tata letak penyimpanan peralatan inspeksi tidak teratur. Hal tersebut diakibatkan terdapat operator inspeksi yang meletakkan peralatan bukan di tempat yang semestinya	16	50%	8
	Operator melakukan uji mekanik tidak sesuai dengan ketentuan	23	25%	17
	Tata letak gudang kurang baik	21	50%	11
	Alat untuk inspeksi yang memadai memiliki jumlah terbatas	28	50%	14
	Jumlah pencatatan hasil inspeksi	23	50%	12

Jenis Defect	Waste	Frekuensi Kejadian pada Kondisi Eksisting selama Bulan Januari-Mei	Target	Frekuensi Kejadian pada Kondisi Perbaikan selama 5 Bulan
	dilakukan berulang			
Ketidaksesuaian welding bolt rubber base	Uji pengukuran dimensi dilakukan berulang, pencatatan yang dilakukan secara manual, sehingga terdapat kemungkinan hilangnya dokumen inspection sheet, akibatnya dilakukan pencatatan berulang	23	50%	12
	Terdapat kesalahan pengkategorian material defect atau tidak karna kesalahan peralatan ukur	15	25%	11
	Keterbatasan kapabilitas peralatan inspeksi menyebabkan adanya pengujian ulang yang berdampak pada penambahan data pada inspection sheet	13	50%	7
	Terdapat pengujian ulang menyebabkan penambahan proses inspeksi	20	25%	15
	Terdapat banyak macam aliran data dokumen inspection sheet	11	50%	6

Jenis Defect	Waste	Frekuensi Kejadian pada Kondisi Eksisting selama Bulan Januari-Mei	Target	Frekuensi Kejadian pada Kondisi Perbaikan selama 5 Bulan
	Peralatan untuk uji metalografi terbatas	16	50%	8
	Keterbatasan jumlah peralatan, mengakibatkan operator inspeksi perlu untuk melakukan banyak perpindahan untuk menginspeksi material	25	50%	13
Ketidaksesuaian panel control	Uji visual defect dan uji pengukuran dimensi panel control dilakukan berulang, terdapat kesalahan pada urutan metode uji pengukuran dimensi	9	50%	5
	Terdapat kesalahan metode uji visual yang menyebabkan kesalahan pendefinisian defect panel control	24	25%	18
	Terdapat uji visual defect yang dilakukan berulang mengakibatkan inventory dokumen bertambah	15	50%	8
	Terdapat kesalahan dalam melakukan prosedur inspeksi	10	25%	8
	Terdapat banyak macam aliran data dokumen	17	50%	9

Jenis Defect	Waste	Frekuensi Kejadian pada Kondisi Eksisting selama Bulan Januari-Mei	Target	Frekuensi Kejadian pada Kondisi Perbaikan selama 5 Bulan
	inspection sheet			
	Terdapat keterbatasan jumlah pekerja serta peralatan yang kurang memadai dalam uji pengukuran dimensi panel control	28	50%	14
	Operator inspeksi melakukan aktivitas diluar aktivitas inspeksi, dikarenakan keterbatasan jumlah ooperator serta alat ukur yang kurang memadai	24	50%	12
Ketidaksesuaian lampu spesifikasi ruang makan dan dapur	Uji kesesuaian spesifikasi lampu memerlukan proses yang panjang dan melibatkan banyak peralatan sehingga mengakibatkan waktu proses yang lama	26	50%	13
	Hasil uji kesesuaian spesifikasi lampu tidak sesuai dengan kondisi eksisting lampu yang ada. Hal tersebut berdampak pada material lampu yang lolos uji, namun tidak dapat	29	25%	22

Jenis Defect	Waste	Frekuensi Kejadian pada Kondisi Eksisting selama Bulan Januari-Mei	Target	Frekuensi Kejadian pada Kondisi Perbaikan selama 5 Bulan
	dioperasikan			
	Jumlah pencatatan berulang pada uji visual menyebabkan penambahan inventory untuk dokumen	8	50%	4
	Keterbatasan kelengkapan, peralatan menyebabkan operator melakukan kesalahan prosedur inspeksi	18	25%	14
	Pergerakan aliran informasi cacat menyebabkan penambahan transportasi	7	50%	4
	Kesalahan koordinasi dengan supplier sehingga terjadi keterlambatan kedatangan material	27	50%	14
	Metode kerja pada pengujian tidak konsisten	30	50%	15
Adaptor earth return brush	Uji pengukuran dimensi dilakukan sangat panjang	8	50%	4

Jenis Defect	Waste	Frekuensi Kejadian pada Kondisi Eksisting selama Bulan Januari-Mei	Target	Frekuensi Kejadian pada Kondisi Perbaikan selama 5 Bulan
	Terdapat kesalahan pengkategorian dalam klasifikasi <i>defect</i>	9	25%	7
	Terdapat penumpukan data	25	50%	13
	Keterbatasan alat inspeksi menyebabkan operator melakukan pengujian diluar prosedur	29	25%	22
	Tata letak peralatan serta material cukup jauh menyebabkan penambahan transportasi	18	50%	9
	Terjadi keterlambatan dalam pemesanan material	25	50%	13
	Terdapat pengambilan ulang material di gudang	30	50%	15
	Uji operasional fungsi dari brake block head dilakukan berulang	14	50%	7
Rubber draft gear	Terdapat kesalahan pengkategorian dalam klasifikasi defect	12	25%	9
	Pencatatan uji fungsi yang berulang menyebabkan penumpukan dokumen	12	50%	6

Jenis Defect	Waste	Frekuensi Kejadian pada Kondisi Eksisting selama Bulan Januari-Mei	Target	Frekuensi Kejadian pada Kondisi Perbaikan selama 5 Bulan
	Operator inspeksi melakukan proses inspeksi yang tidak sesuai dengan prosedur yang ditetapkan	12	25%	9
	Aliran pergerakan material sangat panjang	15	50%	8
	Ruang untuk inspeksi terbatas sehingga material serta peralatan perlu untuk dilakukan pemindahan	17	50%	9
	Terdapat penambahan gerakan untuk pemindahan material dan peralatan inspeksi	24	50%	12
Ketidaksesuaian casting brake block head	Kesalahan pencatatan kategori defect menyebabkan operator inspeksi, melakukan pencatatan ulang	19	50%	10
	Peralatan yang digunakan selama proses inspeksi kurang memadai, menyebabkan kesalahan klasifikasi defect atau tidak	21	25%	16
	<i>Layout</i> penataan gudang material kurang baik	13	50%	7

Jenis Defect	Waste	Frekuensi Kejadian pada Kondisi Eksisting selama Bulan Januari-Mei	Target	Frekuensi Kejadian pada Kondisi Perbaikan selama 5 Bulan
	Operator banyak melakukan kegiatan diluar prosedur inspeksi	19	25%	14
	Jarak antara gudang material dengan ruang inspeksi cukup jauh	11	50%	6
	Peralatan untuk uji mekanis serta operator inspeksi memiliki jumlah terbatas	10	50%	5
	Terdapat aktivitas pencatatan ulang	29	50%	15
Ketidaksesuaian audioheadset	Uji fungsi audioheadset dilakukan berulang oleh operator inspeksi yang berbeda	14	50%	7
	Kesalahan operator inspeksi dalam pencatatan klasifikasi defect atau tidak	29	25%	22
	Penyimpanan dokumen inspection sheet dan non conformity report kurang terorganisir	30	50%	15
	Keterbatasan material handling menyebabkan operator melakukan kegiatan pemindahan sangat banyak	26	25%	20

Jenis Defect	Waste	Frekuensi Kejadian pada Kondisi Eksisting selama Bulan Januari-Mei	Target	Frekuensi Kejadian pada Kondisi Perbaikan selama 5 Bulan
	Keterbatasan material handling untuk memindahkan material untuk dilakukan pengujian	29	50%	15
	Kekurangan tenaga kerja untuk inspeksi audioheadset	24	50%	12
	Operator inspeksi melakukan aktivitas diluar aktivitas inspeksi	26	50%	13
Permukaan karpet bergelombang	Uji visual dilakukan berulang-ulang untuk mendapatkan hasil yang pasti	24	50%	12
	Terdapat kesalahan dalam inspeksi ukuran dimensi karpet yang disebabkan oleh peralatan inspeksi yang kurang memadai. Hal tersebut berakibat pada kesalahan pencatatan klasifikasi defect	26	25%	20
	Penataan peralatan inspeksi yang kurang rapi menyebabkan penambahan proses	16	50%	8

Jenis Defect	Waste	Frekuensi Kejadian pada Kondisi Eksisting selama Bulan Januari-Mei	Target	Frekuensi Kejadian pada Kondisi Perbaikan selama 5 Bulan
	Adanya tata letak alat uji inspeksi yang kurang baik menyebabkan adanya penambahan proses	30	25%	23
	Tata letak alat uji inspeksi kurang baik menyebabkan penambahan transportasi dan proses	29	50%	15
	Ruangan untuk inspeksi terbatas, sehingga perlu menunggu pemindahan material dan peralatan menuju ruangan inspeksi yang memadai	8	50%	4
	Terdapat penambahan pergerakan untuk memindahkan material dan peralatan inspeksi	15	50%	8
Cacat lubang pada kereta	Uji terhadap depth surface dilakukan secara rinci dan berulang	27	50%	14
	Terdapat kesalahan pendefinisian hasil uji terhadap depth surface yang berakibat pada kesalahan pengkategorian defect	28	25%	21

Jenis Defect	Waste	Frekuensi Kejadian pada Kondisi Eksisting selama Bulan Januari-Mei	Target	Frekuensi Kejadian pada Kondisi Perbaikan selama 5 Bulan
	Terdapat pencatatan yang berulang mengakibatkan jumlah penyimpanan untuk dokumen inspection sheet dan nonconformity report bertambah	9	50%	5
	Operator inspeksi melakukan uji depth surface tidak sesuai prosedur	21	25%	16
	Operator menempatkan peralatan uji tidak sesuai yang semestinya	17	50%	9
	Terdapat kelalaian operator inspeksi dalam melakukan uji depth surface	25	50%	13
	Banyak aktivitas diluar aktivitas inspeksi	26	50%	13
Kesalahan pemasangan cover korden	Uji visual defect dilakukan berulang	27	50%	14
	Terdapat kesalahan klasifikasi defect, dimana material korden lolos uji pada tahap incoming, namun pada saat pemasangan korden, terdapat spesifikasi pengukuran dimensi yang tidak	10	25%	8

Jenis Defect	Waste	Frekuensi Kejadian pada Kondisi Eksisting selama Bulan Januari-Mei	Target	Frekuensi Kejadian pada Kondisi Perbaikan selama 5 Bulan
	tepat sehingga terjadi kesalahan pemasangan			
	Area penyimpanan peralatan terbatas mengakibatkan peralatan inspeksi tidak diletakkan di tempat yang semestinya	22	50%	11
	Terjadi banyak rework dalam proses inspeksi karna keterbatasan jumlah operator	7	25%	5
	Operator proses lain diluar proses inspeksi	27	50%	14
	Keterbatasan jumlah tenaga kerja dalam melakukan inspeksi uji visual mengakibatkan beberapa material mengalami penundaan untuk dilakukan inspeksi	16	50%	8
	Terdapat rework serta pengaruh keterbatasan operator inspeksi	7	50%	4

Jenis Defect	Waste	Frekuensi Kejadian pada Kondisi Eksisting selama Bulan Januari-Mei	Target	Frekuensi Kejadian pada Kondisi Perbaikan selama 5 Bulan
Kerusakan lampu	Pengujian terhadap instalasi lampu dilakukan berulang untuk memastikan apakah terdapat kendala saat instalasi	18	50%	9
	Kurangnya ketrampilan operator dalam menginspeksi menyebabkan kesalahan pencatatan kategori cacat dalam inspection sheet	9	25%	7
	Operator inspeksi melakukan pencatatan ulang	30	50%	15
	Adanya keterbatasan alat inspeksi menyebabkan operator melakukan inspeksi tidak sesuai prosedur	19	25%	14
	Ketidaksesuaian layout akibat operator meletakkan peralatan inspeksi tidak sesuai yang ditetapkan	25	50%	13
	Alat untuk inspeksi mengalami kerusakan sehingga pengerjaan untuk inspeksi mengalami	10	50%	5

Jenis Defect	Waste	Frekuensi Kejadian pada Kondisi Eksisting selama Bulan Januari-Mei	Target	Frekuensi Kejadian pada Kondisi Perbaikan selama 5 Bulan
	penundaan			
	Alat untuk inspeksi disimpan pada tempat yang tidak sesuai	21	50%	11
Lampu tidak berfungsi	Kesalahan instalasi listrik mengakibatkan inspektor untuk memperbaiki terlebih dahulu kemudian melakukan inspeksi, pencatatan hasil inspeksi dilakukan berulang	10	50%	5
	Kesalahan peralatan uji mengakibatkan kesalahan dalam pendefinisian defect, akibatnya lampu yang dikategorikan lolos uji, namun pada proses final testing tidak dapat dioperasikan	18	25%	14
	Jumlah pencatatan defect yang dilakukan berulang sehingga menyebabkan penyimpanan yang lebih banyak	29	50%	15

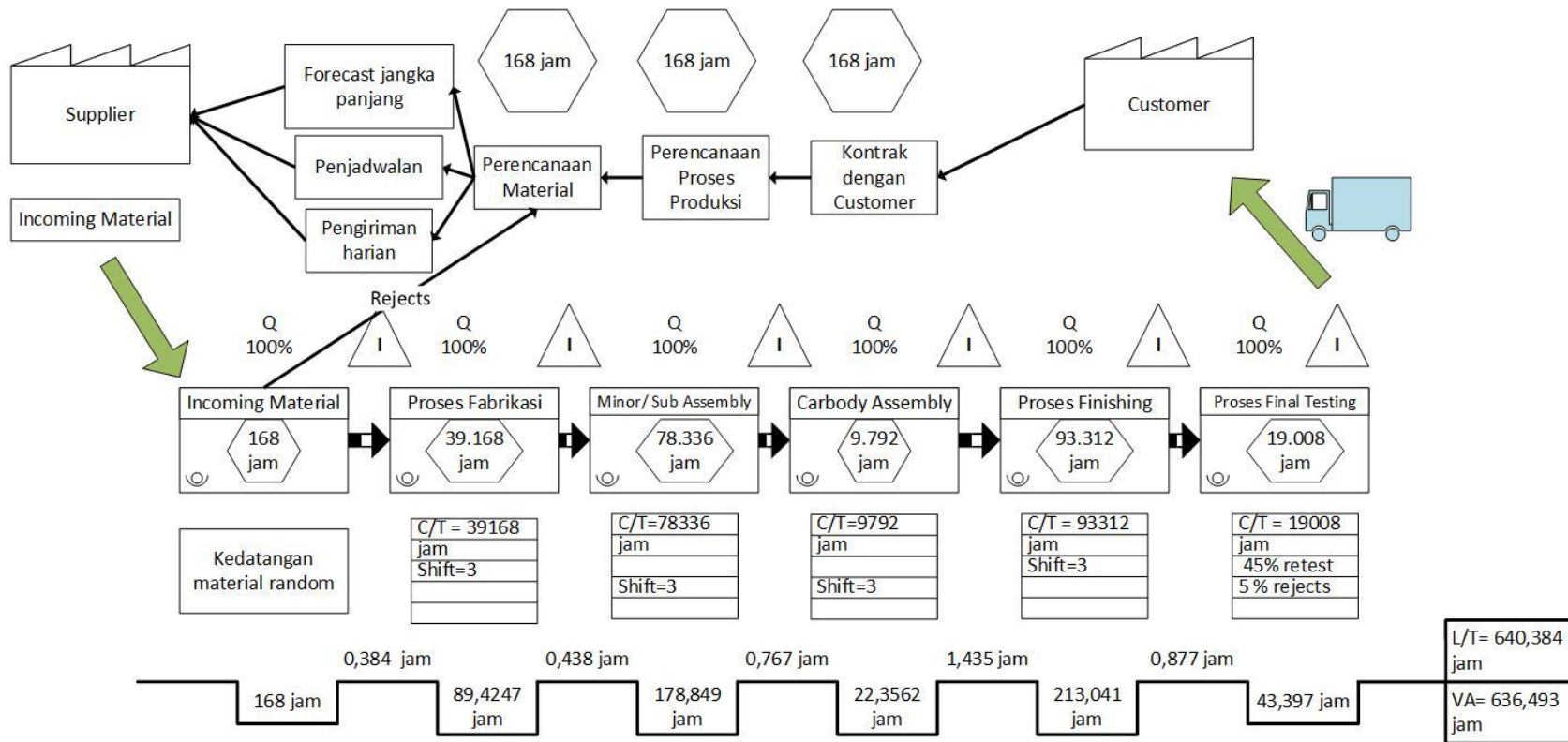
Jenis Defect	Waste	Frekuensi Kejadian pada Kondisi Eksisting selama Bulan Januari-Mei	Target	Frekuensi Kejadian pada Kondisi Perbaikan selama 5 Bulan
	Operator inspeksi melakukan pengujian diluar prosedur yang ditetapkan	28	25%	21
	Terdapat banyak macam aliran data dokumen inspection sheet	21	50%	11
	Terdapat rework dari pengerjaan instalasi lampu	7	50%	4
	Terdapat banyak inspeksi ulang dikarenakan banyak terjadinya rework serta pengaruh dari skill pekerja yang kurang memadai	11	50%	6

Tabel 4.62 menunjukkan target pengurangan tiap *waste* yang dihasilkan oleh proses pengendalian kualitas. Pengurangan *waste* tersebut diharapkan dapat mengurangi waktu proses inspeksi, mengurangi *defect* yang terjadi sehingga pengiriman dapat dilakukan tepat waktu dan mendapatkan kepuasan *customer* baik dari performansi produk pada saat dikirim maupun pada saat produk dioperasikan.

4.4.3 *Big Picture Mapping*

Dalam tahap ini, dilakukan visualisasi aliran proses dalam bentuk *big picture mapping*. Hal ini dapat membantu dalam memvisualisasikan aliran proses, melihat di mana *waste* terjadi, serta menunjukkan hubungan antara aliran informasi dan aliran fisik. Berdasarkan detail proses serta perhitungan waktu pada

proses fabrikasi, perakitan, *finishing*, *final testing* serta proses inspeksi dan proses *material handling* menjadi dasar dalam pembuatan *big picture mapping* yang ditampilkan pada gambar 4.94:

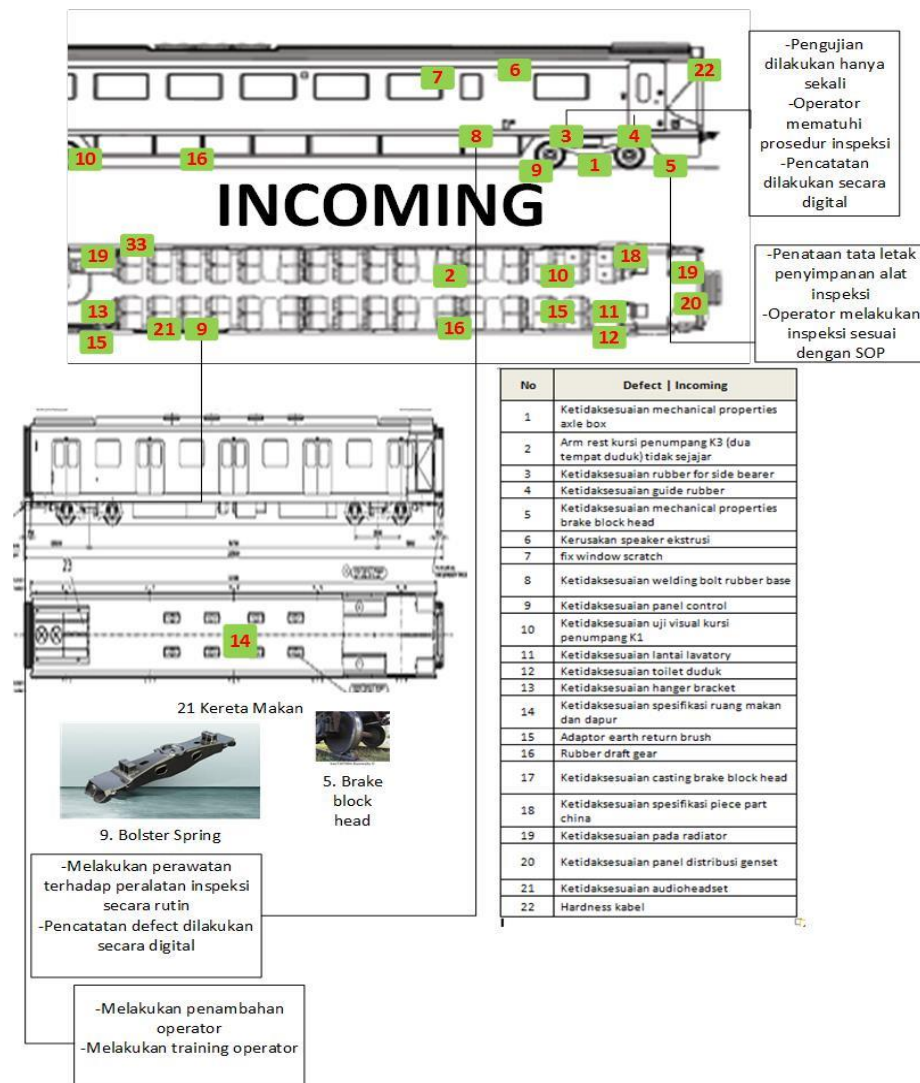


Gambar 4. 94 Big Picture Mapping Proses Produksi Proyek Kereta Api

Berdasarkan gambar *big picture mapping* yang ditunjukkan pada gambar 4.94, dapat diketahui total *lead time* yaitu 640,384 jam, *value added time* yaitu 636,493 jam. Waktu yang ditunjukkan pada *big picture mapping* yaitu waktu untuk satu *train*, baik itu untuk waktu proses fabrikasi maupun waktu untuk material handling dan proses inspeksi.

4.4.4 Pemetaan Rekomendasi (*Detailed Mapping*)

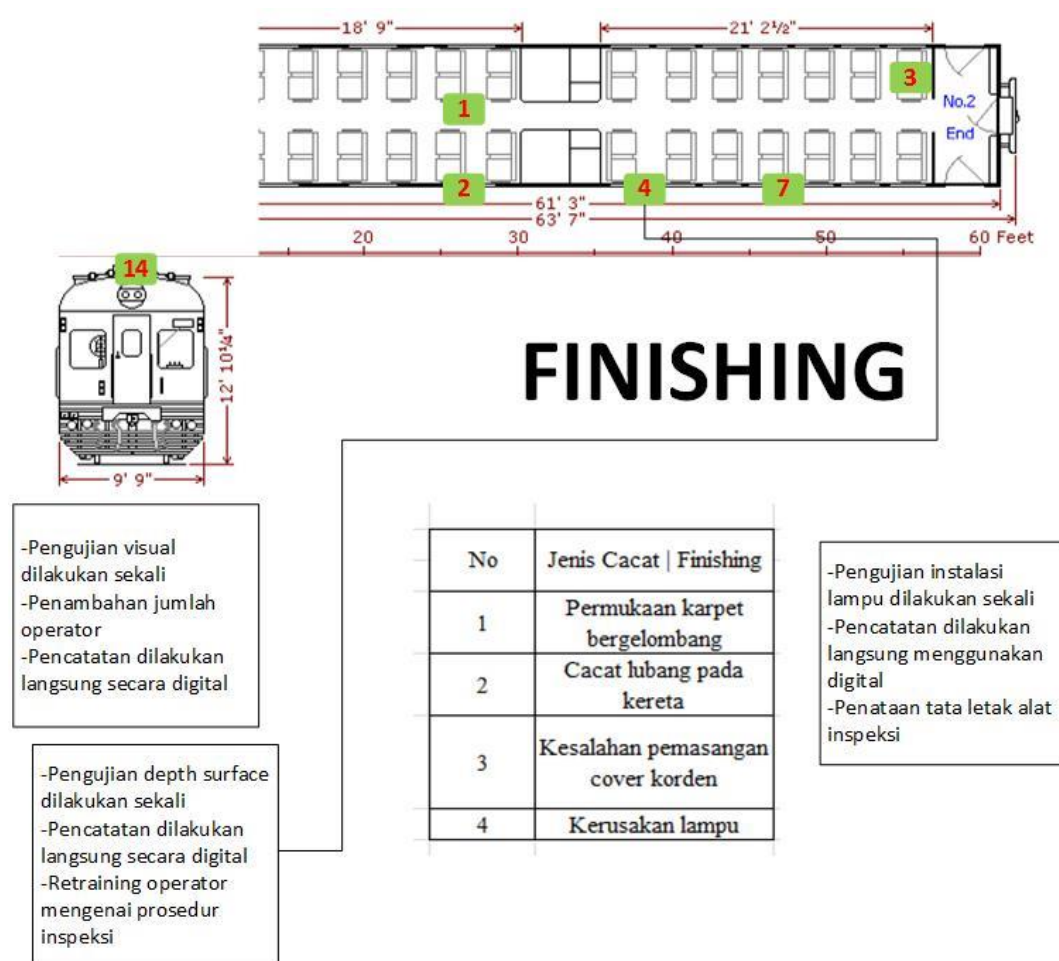
Pada tahap ini dilakukan pemetaan terhadap rekomendasi perbaikan untuk mengurangi *waste* yang terjadi. Gambar 4.95 menunjukkan pemetaan terperinci untuk rekomendasi perbaikan pada tahap *incoming material*:



Gambar 4. 95 *Detailed Mapping* Proses *Incoming Material*

Gambar 4.95 menunjukkan pemetaan serta rekomendasi terperinci dalam setiap *waste* yang terjadi pada setiap *defect*. Rekomendasi untuk pengurangan *waste* pada tahap *incoming material* yaitu melakukan perawatan terhadap peralatan inspeksi, pencatatan defect dilakukan secara digital, melakukan penambahan serta training operator, penataan tata letak penyimpanan alat inspeksi, serta operator melakukan kegiatan inspeksi sesuai dengan SOP.

Gambar 4.96 menunjukkan *detailed mapping* pada proses *finishing*:



Gambar 4. 96 *Detailed Mapping* Proses *Finishing*

Gambar 4.96 menampilkan pemetaan rekomendasi perbaikan *waste* pada proses *finishing*. Perbaikan tersebut antara lain pengujian dilakukan cukup sekali, pada kondisi eskisting, operator inspeksi melakukan pengujian berulang-ulang untuk memastikan hasil uji. Hal tersebut dapat direduksi dengan pengajuan

training operator, pencatatan dilakukan secara digital, serta tata letak inspeksi. Gambar 4.97 menunjukkan *detailed mapping* pada proses *final testing*:



FINAL TESTING

No.	Jenis Cacat Final Testing
1	AC tidak berfungsi
2	Power kereta tidak berfungsi
3	Lampu tidak berfungsi

-Retraining operator
-Pengujian dilakukan hanya sekali
-Pengujian dilakukan dengan pencatatan secara digital

Gambar 4. 97 *Detailed Mapping* Proses *Final Testing*

Gambar 4.97 menunjukkan proses pemetaan untuk rekomendasi perbaikan proses *final testing* untuk mereduksi *waste* yang ada. Rekomendasi tersebut antara lain yaitu mengajukan *retraining operator*, pengujian dilakukan hanya sekali, dan secara digital.

4.4.5 Analisis Keterlibatan *Supplier* serta Dampak terhadap *Customer*

Setelah melakukan pemetaan terperinci, maka selanjutnya dilakukan analisis keterlibatan *supplier* dan pelanggan. Setiap perusahaan memiliki input untuk mengkonversi material serta informasi dan bahan baku menjadi produk jadi. Pada tahap ini, dilakukan analisis bagaimana keterlibatan *supplier* untuk dapat mengurangi *waste* dalam proses pengendalian kualitas serta bagaimana perusahaan dampak dari *waste* kepada *customer*. Tabel 4.65 Menunjukkan tabel analisis tersebut:

Tabel 4. 65 Analisis Keterlibatan *Supplier* dan *Customer*

<i>Waste</i>	Keterlibatan terhadap <i>supplier</i>	Uraian Keterlibatan <i>Customer</i>
Terdapat material yang lolos uji, namun saat pengoperasian pada proses final testing tidak dapat dioperasikan		Terjadinya <i>rework</i> menyebabkan <i>lead time</i> panjang yang berdampak pada tingkat kepuasan <i>customer</i>
		Terdapat <i>complain customer</i> akibat kinerja kereta
		Menurunnya reputasi perusahaan
Material mengalami keterlambatan datang	Melakukan evaluasi kinerja <i>supplier</i>	
	Memberikan reward dan punishment berdasarkan kinerja <i>supplier</i>	

<i>Waste</i>	Keterlibatan terhadap <i>supplier</i>	Uraian Keterlibatan <i>Customer</i>
	Melakukan koordinasi <i>supplier</i> dengan baik	
	Melakukan pengontrolan secara rutin	
	Meminta jaminan mutu kepada <i>supplier</i> atas material yang telah dibeli	
Terdapat kesalahan klasifikasi uji visual <i>defect</i> , terdapat material yang memiliki spesifikasi baik namun karna kesalahan tersebut, maka material ikut dilakukan pengembalian terhadap <i>supplier</i> . Hal tersebut dapat berdampak pada penambahan waktu untuk pemrosesan material serta biaya.	Dilakukan koordinasi serta komunikasi yang terperinci dan jelas terhadap <i>supplier</i>	<i>Lead time</i> lebih lama
		Tingkat kepuasan <i>customer</i> menurun
Kesalahan koordinasi dengan <i>supplier</i> sehingga terjadi keterlambatan kedatangan material	Melakukan pengontrolan secara rutin mengenai kinerja <i>supplier</i>	
	Melakukan <i>pre shipment inspection</i>	
Terdapat rework dari pengerjaan instalasi lampu		Reputasi perusahaan menurun
		Pengiriman barang lebih lama

Waste	Keterlibatan terhadap <i>supplier</i>	Uraian Keterlibatan <i>Customer</i>
Terdapat banyak inspeksi ulang dikarenakan banyak terjadinya rework serta pengaruh dari skill pekerja yang kurang memadai		Reputasi perusahaan menurun

Tabel 4.65 menunjukkan bagaimana upaya perusahaan untuk melibatkan *supplier* untuk mengurangi *waste* serta dampak yang ditimbulkan terhadap *customer* apabila *waste* tersebut masih berlangsung.

4.4.6 Evaluasi Target dengan Kinerja Kondisi Eksisting (*Checking The Plan Fits The Direction and Ensuring Buy-in*)

Pada tahap sebelumnya, telah dilakukan penentuan target penurunan frekuensi *waste*. Dalam target penentuan *waste* tersebut, dengan pertimbangan kapabilitas perusahaan, dilakukan evaluasi apakah target tersebut dapat mungkin tercapai, signifikan terhadap perusahaan, atau tidak dapat dilakukan. Tabel 4.66 menunjukkan evaluasi perencanaan target pengurangan *waste*:

Tabel 4. 66 *Check The Possibility with Setting The Direction*

Waste	Target	Possible	Significant	Not reasonable
Uji pengukuran dimensi dilakukan berulang, serta pencatatan defect yang dilakukan secara manual, sehingga terdapat kemungkinan hilangnya dokumen inspection sheet, akibatnya dilakukan pencatatan berulang	50%	v	v	
Terdapat material yang lolos uji, namun saat pengoperasian pada proses final testing tidak dapat dioperasikan	25%	v		

Waste	Target	Possible	Significant	Not reasonable
Adanya pencatatan ulang pada saat dilakukan inspeksi menyebabkan penambahan <i>inventory</i>	50%	v	v	
Operator inspeksi melakukan kesalahan urutan prosedur inspeksi	25%	v		
Terdapat banyak macam aliran data dokumen inspection sheet	50%	v		
Material mengalami keterlambatan datang	50%		v	v
Dilakukan inspeksi ulang karna terdapat kesalahan dalam proses inspeksi sebelumnya	50%		v	v
Uji pengukuran dimensi dilakukan berulang untuk dapat memastikan kesesuaian ukuran, dilakukan pencatatan berulang	50%	v	v	
Terdapat kesalahan klasifikasi uji visual <i>defect</i> , terdapat material yang memiliki spesifikasi baik namun karna kesalahan tersebut, maka material ikut dilakukan pengembalian terhadap supplier. Hal tersebut dapat berdampak pada penambahan waktu untuk pemrosesan material serta biaya.	25%	v		
Penambahan dokumen inspection sheet akibat pencatatan yang berulang	50%		v	
Ketidaksesuaian instruksi kerja mengenai langkah metode uji mekanik terhadap guide rubber	25%		v	

Waste	Target	Possible	Significant	Not reasonable
Penataan layout pada ruang inspeksi kurang baik, sehingga menyebabkan operator inspeksi melakukan banyak pergerakan yang tidak berhubungan dengan inspeksi	50%			v
Operator inspeksi terbatas, sehingga beberapa material harus menunggu terlebih dahulu sebelum dilakukan inspeksi	50%			v
Kapabilitas serta jumlah operator inspeksi kurang, sehingga terdapat banyak gerakan diluar proses inspeksi	50%			v
Uji pengukuran dimensi dilakukan berulang untuk dapat memastikan kesesuaian ukuran, dilakukan pencatatan berulang	50%	v	v	
Kesalahan pengkategorian cacat pada uji mekanik	25%	v		
Tata letak penyimpanan peralatan inspeksi tidak teratur. Hal tersebut diakibatkan terdapat operator inspeksi yang meletakkan peralatan bukan di tempat yang semestinya	50%	v		
Operator melakukan uji mekanik tidak sesuai dengan ketentuan	25%	v		
Tata letak gudang kurang baik	50%			v
Alat untuk inspeksi yang memadai memiliki jumlah terbatas	50%	v	v	

Waste	Target	Possible	Significant	Not reasonable
Jumlah pencatatan hasil inspeksi dilakukan berulang	50%	v	v	
Uji pengukuran dimensi dilakukan berulang, pencatatan yang dilakukan secara manual, sehingga terdapat kemungkinan hilangnya dokumen inspection sheet, akibatnya dilakukan pencatatan berulang	50%	v	v	
Terdapat kesalahan pengkategorian material defect atau tidak karna kesalahan peralatan ukur	25%	v	v	
Keterbatasan kapabilitas peralatan inspeksi menyebabkan adanya pengujian ulang yang berdampak pada penambahan data pada inspection sheet	50%	v		
Terdapat pengujian ulang menyebabkan penambahan proses inspeksi	25%	v		
Terdapat banyak macam aliran data dokumen inspection sheet	50%	v		
Peralatan untuk uji metalografi terbatas	50%	v		
Keterbatasan jumlah peralatan, mengakibatkan operator inspeksi perlu untuk melakukan banyak perpindahan untuk menginspeksi material	50%	v	v	
Uji visual defect dan uji pengukuran dimensi panel control dilakukan berulang, terdapat kesalahan pada urutan metode uji pengukuran dimensi	50%	v	v	

Waste	Target	Possible	Significant	Not reasonable
Terdapat kesalahan metode uji visual yang menyebabkan kesalahan pendefinisian defect panel control	25%	v	v	
Terdapat uji visual defect yang dilakukan berulang mengakibatkan inventory dokumen bertambah	50%	v	v	
Terdapat kesalahan dalam melakukan prosedur inspeksi	25%	v		
Terdapat banyak macam aliran data dokumen inspection sheet	50%	v		
Terdapat keterbatasan jumlah pekerja serta peralatan yang kurang memadai dalam uji pengukuran dimensi panel control	50%		v	
Operator inspeksi melakukan aktivitas diluar aktivitas inspeksi, dikarenakan keterbatasan jumlah operator serta alat ukur yang kurang memadai	50%			v
Uji kesesuaian spesifikasi lampu memerlukan proses yang panjang dan melibatkan banyak peralatan sehingga mengakibatkan waktu proses yang lama	50%	v	v	
Hasil uji kesesuaian spesifikasi lampu tidak sesuai dengan kondisi eksisting lampu yang ada. Hal tersebut berdampak pada material lampu yang lolos uji, namun tidak dapat dioperasikan	25%	v		

Waste	Target	Possible	Significant	Not reasonable
Jumlah pencatatan berulang pada uji visual menyebabkan penambahan inventory untuk dokumen	50%	v		
Keterbatasan kelengkapan, peralatan menyebabkan operator melakukan kesalahan prosedur inspeksi	25%	v		
Pergerakan aliran informasi cacat menyebabkan penambahan transportasi	50%	v		
Kesalahan koordinasi dengan supplier sehingga terjadi keterlambatan kedatangan material	50%	v		
Metode kerja pada pengujian tidak konsisten	50%	v		
Uji pengukuran dimensi dilakukan sangat panjang	50%			v
Terdapat kesalahan pengkategorian dalam klasifikasi <i>defect</i>	25%	v		
Terdapat penumpukan data	50%	v		
Keterbatasan alat inspeksi menyebabkan operator melakukan pengujian diluar prosedur	25%	v		
Tata letak peralatan serta material cukup jauh menyebabkan penambahan transportasi	50%			v
Terjadi keterlambatan dalam pemesanan material	50%	v	v	
Terdapat pengambilan ulang material di gudang	50%	v	v	

Waste	Target	Possible	Significant	Not reasonable
Uji operasional fungsi dari brake block head dilakukan berulang	50%	v	v	
Terdapat kesalahan pengkategorian dalam klasifikasi defect	25%	v		
Pencatatan uji fungsi yang berulang menyebabkan penumpukan dokumen	50%	v		
Operator inspeksi melakukan proses inspeksi yang tidak sesuai dengan prosedur yang ditetapkan	25%	v		
Aliran pergerakan material sangat panjang	50%	v		
Ruang untuk inspeksi terbatas sehingga material serta peralatan perlu untuk dilakukan pemindahan	50%		v	
Terdapat penambahan gerakan untuk pemindahan material dan peralatan inspeksi	50%	v		
Kesalahan pencatatan kategori defect menyebabkan operator inspeksi, melakukan pencatatan ulang	50%	v	v	
Peralatan yang digunakan selama proses inspeksi kurang memadai, menyebabkan kesalahan klasifikasi defect atau tidak	25%	v		
<i>Layout</i> penataan gudang material kurang baik	50%			v
Operator banyak melakukan kegiatan diluar prosedur inspeksi	25%	v		
Jarak antara gudang material dengan ruang	25%			v

Waste	Target	Possible	Significant	Not reasonable
inspeksi cukup jauh				
Peralatan untuk uji mekanis serta operator inspeksi memiliki jumlah terbatas	50%		v	
Terdapat aktivitas pencatatan ulang	50%	v	v	
Uji fungsi audioheadset dilakukan berulang oleh operator inspeksi yang berbeda	50%	v	v	
Kesalahan operator inspeksi dalam pencatatan klasifikasi defect atau tidak	25%	v		
Penyimpanan dokumen inspection sheet dan non conformity report kurang terorganisir	50%	v	v	
Keterbatasan material handling menyebabkan operator melakukan kegiatan pemindahan sangat banyak	25%	v		
Keterbatasan material handling untuk memindahkan material untuk dilakukan pengujian	50%	v	v	
Kekurangan tenaga kerja untuk inspeksi audioheadset	50%	v		
Operator inspeksi melakukan aktivitas diluar aktivitas inspeksi	50%	v		
Uji visual dilakukan berulang-ulang untuk mendapatkan hasil yang pasti	50%	v		

Waste	Target	Possible	Significant	Not reasonable
Terdapat kesalahan dalam inspeksi ukuran dimensi karpet yang disebabkan oleh peralatan inspeksi yang kurang memadai. Hal tersebut berakibat pada kesalahan pencatatan klasifikasi defect	25%	v		
Penataan peralatan inspeksi yang kurang rapi menyebabkan penambahan proses	50%	v		
Adanya tata letak alat uji inspeksi yang kurang baik menyebabkan adanya penambahan proses	25%	v		
Tata letak alat uji inspeksi kurang baik menyebabkan penambahan transportasi dan proses	50%			v
Ruangan untuk inspeksi terbatas, sehingga perlu menunggu pemindahan material dan peralatan menuju ruangan inspeksi yang memadai	50%			v
Terdapat penambahan pergerakan untuk memindahkan material dan peralatan inspeksi	50%	v	v	
Uji terhadap depth surface dilakukan secara rinci dan berulang	50%	v	v	
Terdapat kesalahan pendefinisian hasil uji terhadap depth surface yang berakibat pada kesalahan pengkategorian defect	25%	v		

Waste	Target	Possible	Significant	Not reasonable
Terdapat pencatatan yang berulang mengakibatkan jumlah penyimpanan untuk dokumen inspection sheet dan nonconformity report bertambah	50%	v	v	
Operator inspeksi melakukan uji depth surface tidak sesuai prosedur	25%	v		
Operator menempatkan peralatan uji tidak sesuai yang semestinya	50%	v	v	
Terdapat kelalaian operator inspeksi dalam melakukan uji depth surface	50%	v		
Banyak aktivitas diluar aktivitas inspeksi	50%	v		
Uji visual defect dilakukan berulang	50%	v	v	
Terdapat kesalahan klasifikasi defect, dimana material korden lolos uji pada tahap incoming, namun pada saat pemasangan korden, terdapat spesifikasi pengukuran dimensi yang tidak tepat sehingga terjadi kesalahan pemasangan	25%	v		
Area penyimpanan peralatan terbatas mengakibatkan peralatan inspeksi tidak diletakkan di tempat yang semestinya	50%	v		
Terjadi banyak rework dalam proses inspeksi karna keterbatasan jumlah operator	25%	v		
Operator proses lain diluar proses inspeksi	50%	v		

Waste	Target	Possible	Significant	Not reasonable
Keterbatasan jumlah tenaga kerja dalam melakukan inspeksi uji visual mengakibatkan beberapa material mengalami penundaan untuk dilakukan inspeksi	50%	v		
Terdapat rework serta pengaruh keterbatasan operator inspeksi	50%	v		
Pengujian terhadap instalasi lampu dilakukan berulang untuk memastikan apakah terdapat kendala saat instalasi	50%	v	v	
Kurangnya ketrampilan operator dalam menginspeksi menyebabkan kesalahan pencatatan kategori cacat dalam inspection sheet	25%	v		
Operator inspeksi melakukan pencatatan ulang	50%	v		
Adanya keterbatasan alat inspeksi menyebabkan operator melakukan inspeksi tidak sesuai prosedur	25%	v		
Ketidaksesuaian layout akibat operator meletakkan peralatan inspeksi tidak sesuai yang ditetapkan	50%			v
Alat untuk inspeksi mengalami kerusakan sehingga pengerjaan untuk inspeksi mengalami penundaan	50%			v
Alat untuk inspeksi disimpan pada tempat yang tidak sesuai	50%	v		

Waste	Target	Possible	Significant	Not reasonable
Kesalahan instalasi listrik mengakibatkan inspektor untuk memperbaiki terlebih dahulu kemudian melakukan inspeksi, pencatatan hasil inspeksi dilakukan berulang	50%	v	v	
Kesalahan peralatan uji mengakibatkan kesalahan dalam pendefinisian defect, akibatnya lampu yang dikategorikan lolos uji, namun pada proses final testing tidak dapat dioperasikan	25%	v		
Jumlah pencatatan defect yang dilakukan berulang sehingga menyebabkan penyimpanan yang lebih banyak	50%	v	v	
Operator inspeksi melakukan pengujian diluar prosedur yang ditetapkan	25%	v		
Terdapat banyak macam aliran data dokumen inspection sheet	50%	v		
Terdapat rework dari pengerjaan instalasi lampu	50%	v		
Terdapat banyak inspeksi ulang dikarenakan banyak terjadinya rework serta pengaruh dari skill pekerja yang kurang memadai	50%	v		
Uji operasional dilakukan lebih dari sekali	50%	v	v	
Terdapat material yang lolos uji, namun mengalami cacat pada saat pengoperasian	25%	v		
Terdapat pencatatan defect yang berulang mengakibatkan penumpukan dokumen	50%	v		

Waste	Target	Possible	Significant	Not reasonable
yang disimpan				
Terdapat kurangnya koordinasi antara supplier dengan perusahaan sehingga terjadi ketidaksesuaian spesifikasi produk	25%	v		
Penataan dokumen kurang terorganisir, mengakibatkan adanya penambahan proses yang tidak perlu	50%	v		
Terjadi keterlambatan pengiriman barang oleh supplier	50%	v		
Terdapat pengulangan inspeksi serta penambahan gerak operator yang tidak perlu	50%	v		

4.5 Analisis Risiko

Dalam menjalankan proses bisnisnya, suatu perusahaan mungkin akan menghadapi keadaan yang dapat berpengaruh terhadap tujuan tersebut. Hal tersebut yaitu risiko. Analisis risiko yang diterapkan dalam penelitian ini berdasarkan pada ISO 31000:2018. Standar tersebut menyediakan prinsip, kerangka, serta proses dalam manajemen risiko secara efektif. Secara keseluruhan, ISO 31000 memberikan arahan secara detail pada perencanaan, implementasi, pengukuran, serta pembelajaran pada sistem manajemen risiko. ISO 31000:2018 menerapkan arahan yang rinci pada perencanaan, implementasi, pengukuran dari sistem manajemen risiko.

Tabel 4.67 menunjukkan pemaparan analisis risiko pada lingkup proses pengendalian kualitas:

Tabel 4. 67 Analisis Risiko Proses Pengendalian Kualitas Proyek Kereta Api

Waste	Kode Risiko	Nama Risiko	Dampak	Likelihood	Consequence	Risk Rating	Mitigation
Material mengalami keterlambatan datang	R1	Proses pemeriksaan dan pengujian terlambat dan terhalang	Pengiriman barang tidak tepat waktu, penalty oleh customer	3	4	Catastrophic risk	Melakukan proses inspeksi pada <i>supplier</i> secara terjadwal dan lebih ketat
Penataan layout pada ruang inspeksi kurang baik, sehingga menyebabkan operator inspeksi melakukan banyak pergerakan yang tidak berhubungan dengan inspeksi	R2	Kualitas produk/ komponen tidak memenuhi spesifikasi yang ditetapkan	<i>Repair/ rework</i> komponen, penambahan biaya untuk <i>rework</i>	2	3	Moderate risk	Melakukan penataan ulang layout peralatan inspeksi

Waste	Kode Risiko	Nama Risiko	Dampak	Likelihood	Consequence	Risk Rating	Mitigation
Operator inspeksi terbatas, sehingga beberapa material harus menunggu terlebih dahulu sebelum dilakukan inspeksi	R3	Proses inspeksi terhambat	Proses inspeksi menjadi lebih lama, peningkatan biaya	4	3	High risk	Melakukan pemetaan kebutuhan operator, melakukan penambahan operator
Uji pengukuran dimensi dilakukan berulang untuk dapat memastikan kesesuaian ukuran, dilakukan pencatatan berulang	R4	Proses inspeksi menjadi tidak efektif dan lebih lama		4	2	High risk	Proses inspeksi dilakukan sesuai prosedur yang ada

Waste	Kode Risiko	Nama Risiko	Dampak	Likelihood	Consequence	Risk Rating	Mitigation
Alat untuk inspeksi yang memadai memiliki jumlah terbatas	R5	Proses inspeksi menjadi lebih lama serta penambahan aktivitas non value added (NVA)		4	3	High risk	Melakukan pemetaan kebutuhan peralatan inspeksi
Hasil uji kesesuaian spesifikasi lampu tidak sesuai dengan kondisi eksisting lampu yang ada. Hal tersebut berdampak pada material lampu yang lolos uji, namun tidak dapat dioperasikan	R6	Produk yang ter kirim tidak sesuai standar	Terdapat proses repair/ rework produk, penurunan tingkat kepuasan customer	2	5	Catastropic	Pengajuan untuk retraining operator, proses inspeksi sesuai dengan prosedur
Penyimpanan dokumen inspection	R7	Kesalahan dalam mengatur	Performansi perusahaan menurun	3	2	Moderate risk	Melakukan penataan dokumen secara terorganisir

Waste	Kode Risiko	Nama Risiko	Dampak	Likelihood	Consequence	Risk Rating	Mitigation
sheet dan non conformity report kurang terorganisir		dokumen					
Keterbatasan material handling menyebabkan operator melakukan kegiatan pemindahan sangat banyak	R8	Pertambahan defect pada material	Menurunnya kualitas produk dan pertambahan defect produk	3	3	High risk	Melakukan penambaha peralatan material handling secukupnya untuk menghindari risiko defect pada produk
Operator inspeksi melakukan aktivitas diluar aktivitas inspeksi	R9	Proses inspeksi yang dilakukan operator menjadi tidak maksimal	Waktu proses inspeksi menjadi lebih lama	2	3	Moderate risk	Melakukan retraining operator, proses first article inspection dilakukan lebih ketat

Waste	Kode Risiko	Nama Risiko	Dampak	Likelihood	Consequence	Risk Rating	Mitigation
Terdapat kesalahan dalam inspeksi ukuran dimensi karpet yang disebabkan oleh peralatan inspeksi yang kurang memadai. Hal tersebut berakibat pada kesalahan pencatatan klasifikasi defect	R10	Kehandalan komponen menurun	Kualitas produk menurun, terjadinya complain oleh customer	2	4	High risk	Melakukan perawatan alat ukur secara terjadwal

. Tabel 4.67 menunjukkan identifikasi risiko, parameter *likelihood* serta *consequence* yang menjadi dasar dalam pembuatan peta risiko. Pembuatan peta risiko tersebut digunakan sebagai dasar identifikasi level risiko. Tabel 4.63 menunjukkan pemetaan risiko proses pengendalian kualitas pada Proyek Kereta Api:

Tabel 4. 68 Peta Risiko Proses Pengendalian Kualitas pada Proyek Kereta Api

Likelihood	Consequences				
	Insignificant	Minor	Moderate	Major	Catastrophic
	1	2	3	4	5
Almost certain (5)					
Likely (4)		R4	R3,R5		
Possible (3)		R7	R8	R1	
Unlikely (2)			R2,R9	R10	R6
Rare (1)					

Keterangan:

	low risk
	moderate risk
	high risk
	catastrophic

Pemetaan risiko pada tabel 4.68 dapat memberikan informasi mengenai tingkat level masing-masing risiko, dan untuk menentukan bagaimana perusahaan menentukan level prioritas penanganan *waste*. Berdasarkan tabel 4.63 maka dapat diketahui terdapat dua kategori risiko yang memiliki tingkat *catastrophic* yaitu pada risiko pemeriksaan dan pengujian terlambat dan terhalang, serta produk yang dikirim tidak sesuai dengan standar. Kedua risiko ini perlu untuk diperhatikan karna memiliki tingkat risiko yang tinggi. Pada risiko pertama, faktor penyebab risiko dapat diperoleh dari pihak luar perusahaan yaitu *supplier*, maka dari itu perlu dilakukan inspeksi serta pemeriksaan secara rutin dengan *supplier*, serta perbaikan koordinasi dengan *supplier* agar material yang datang sesuai dengan spesifikasi dan standar yang diinginkan. Sedangkan untuk risiko produk yang dikirim tidak sesuai dengan standar dapat disebabkan oleh *waste* kesalahan pengklasifikasian *defect*. Upaya mitigasi untuk risiko tersebut yaitu melakukan pengajuan untuk *training* operator serta proses inspeksi yang dilakukan harus sesuai dengan prosedur.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 5

ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA

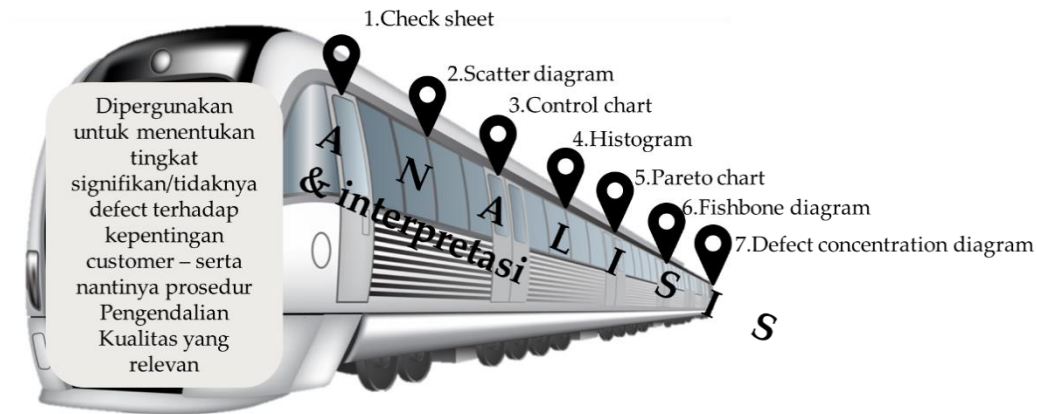
Pada Bab 5 akan dipaparkan mengenai analisis berdasarkan pengolahan data yang telah disajikan pada Bab 4. Bab ini berisi tentang hasil analisis pengolahan data *seven tools of quality control*, analisis berdasarkan pengolahan data menggunakan konsep *lean thinking* yang terdiri dari analisis *waste*, analisis *big picture mapping*, *detailed mapping*, hingga evaluasi kondisi eksisting untuk mencapai target yang ditetapkan, serta hasil analisis risiko. Berdasarkan hasil pengolahan data sebelumnya, selanjutnya dapat diketahui pemetaan hasil integrasi ketiga metode pada proses pengendalian kualitas, melalui tahapan penilaian *defect* yang paling signifikan, prosedur pengendalian kualitas yang relevan, identifikasi *waste*, klasifikasi *waste* dan rencana penanganan risiko.

5.1 Analisis Seven Tools of Quality Control

Seven tools of quality control merupakan metode untuk mengidentifikasi *quality improvement*. Metode ini terdiri dari 7 alat yang memiliki fungsi masing-masing dalam menilai kinerja proses (Gambar 5.1). Pengolahan data dengan penerapan *seven tools* dilakukan secara menyeluruh mulai dari proses *incoming material*, proses fabrikasi, proses *finishing* hingga *final testing*. Tiap proses serta komponen yang dilakukan inspeksi, memiliki prosedur serta peralatan yang berbeda, dan *output* data hasil pengujian yang berbeda. Sebagaimana telah dijelaskan pada bab 4, *output* data hasil uji terbagi menjadi data variabel serta data atribut. Data atribut cacat terdapat pada seluruh proses inspeksi. Sedangkan untuk data variabel terdapat pada proses fabrikasi yaitu pada pengujian beban *bogie*.

Interpretasi terhadap hasil pengolahan data *seven tools of quality* dipergunakan untuk menentukan tingkat signifikan dari *defect* (sebagai pemicu utama masalah kualitas di industri kereta api) yang dianggap saat ini memiliki kontribusi masalah paling besar bagi *customer*. Permasalahan *defect* tidak hanya dilihat sebagai permasalahan tentang kerugian nilai dari material yang harus

dirework saja, tetapi juga terdapat masalah aktivitas inspeksi dan pengujian yang tidak sepenuhnya efisien.



Gambar 5. 1 Ringkasan Analisis *Seven Tools of Quality*

Dalam menjalankan proses bisnisnya, Industri Kereta Api selalu ingin memenuhi keinginan *customer*. *Customer* dapat menentukan bagaimana spesifikasi dari produk. Untuk dapat mencapai keinginan *customer*, maka komponen atau part, serta hasil proses produksi harus memiliki variabilitas kecil yaitu pada sekitar target spesifikasi produk. *Seven tools of quality control* merupakan metode yang tepat dalam penyelesaian masalah untuk stabilitas proses. Selain itu, metode tersebut sangat bermanfaat dalam menilai kapabilitas produk, mengurangi variabilitas dari produk, serta *monitoring* kinerja dari proses.

Pada tahap awal pengolahan, dilakukan pengumpulan data cacat dengan menggunakan *tools check sheet*. Berdasarkan pengolahan data tersebut, dapat diketahui berapa frekuensi cacat yang terjadi. Dengan data yang ada pada *check sheet* tersebut menjadi input pada pengolahan data pada *tools* yang lain.

Pada pengolahan data menggunakan *tools control chart*, dapat diketahui pada proses *incoming material*, fabrikasi, *finishing*, serta *final testing* terdapat beberapa data atribut yang *out of control*. Hal tersebut menunjukkan variabilitas dari data, dan mengetahui bagaimana kinerja dari proses.

Beberapa *defect* yang memiliki data *out of control* pada *control chart* pada proses *incoming material* yaitu *defect rubber for side bearer*, pada *defect* tersebut,

dari 10 sample, terdapat 7 sample yang *out of control*, *defect guide rubber*, *defect brake block head*, *welding bolt rubber base*, ketidaksesuaian *panel control*, ketidaksesuaian lampu pada ruang makan dan dapur, *defect* pada *adaptor earth return brush*, *rubber draft gear*, *casting brake block head*. *Defect* yang terjadi pada tahap *incoming material* tersebut dapat dipengaruhi oleh kualitas material yang didapat dari *supplier*, dan kesalahan koordinasi dengan *supplier* mengenai spesifikasi material.

Pada proses fabrikasi, dapat diketahui beberapa data *defect* yang *out of control* diantaranya yaitu ketidaksesuaian *brake pipe*. Sedangkan untuk data variabel, terdapat beberapa spesifikasi yang tidak melebihi batas kontrol, namun terdapat beberapa data tidak memenuhi standar. Hal tersebut dapat dikarenakan data memiliki kecenderungan untuk semakin tidak sesuai dengan spesifikasi, tetapi variabilitas proses masih dalam batas kontrol. Ketidaksesuaian tersebut dapat dipengaruhi oleh metode, kondisi operator serta pengukuran yang tidak tepat selama proses fabrikasi.

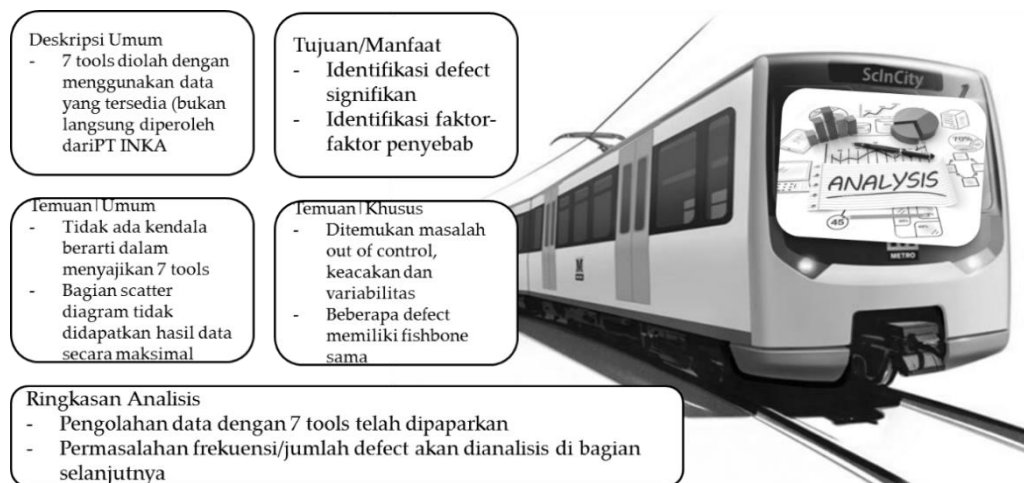
Sedangkan pada proses *finishing*, data *defect* yang *out of control* terdapat pada data kerusakan lampu. Hal tersebut dapat dipengaruhi oleh kondisi kualitas lampu, serta cara pemasangan lampu oleh operator. Hal yang sama terjadi pada proses *final testing*, yaitu pada pengujian fungsi lampu, terdapat banyak data yang *out of control*.

Pada *scatter diagram*, dilakukan tiga hal untuk membandingkan dua variabel. Ketiga hal tersebut terdiri dari hubungan antara jarak tempuh pada proses pengelasan dengan jumlah cacat pada *welding bolt rubber base*, kecepatan pengiriman *guide rubber* dengan jumlah cacat yang terjadi, serta bagaimana hubungan kecepatan pengiriman *axle box* dengan jumlah cacat.

Berdasarkan pengolahan dengan *scatter diagram*, ketiga hal yang diujikan tersebut memiliki korelasi yang positif. Maka dari itu, untuk dapat mengurangi cacat pada *bolt rubber base*, salah satu hal yang perlu untuk dilakukan yaitu melakukan penambahan operator untuk proses pengelasan, agar satu operator tidak perlu melakukan pengelasan dengan jarak yang cukup jauh. Sedangkan untuk cacat pada *axle box*, dan *guide rubber*, dapat direduksi dengan melakukan

koordinasi serta kesepakatan dengan *supplier* mengenai jadwal pengiriman material , dan melakukan pengontrolan proses pada *supplier*.

Pada histogram dapat diketahui bagaimana distribusi suatu data *defect*. Sedangkan pengolahan data menggunakan *pareto diagram*, sebuah data dapat diketahui masalah atau defect yang paling signifikan untuk dapat ditangani lebih dulu. Pada proses *incoming material*, jumlah *defect* terbanyak yaitu pada ketidaksesuaian *guide rubber*. Sedangkan pada proses fabrikasi, frekuensi *defect* terbanyak yaitu pada ketidaksesuaian *bolster spring seat*. *Defect* terbanyak pada proses *finishing* yaitu pada ketidaksesuaian audio headset sedangkan pada proses *final testing* yaitu ketidaksesuaian uji fungsi pada komponen lampu.



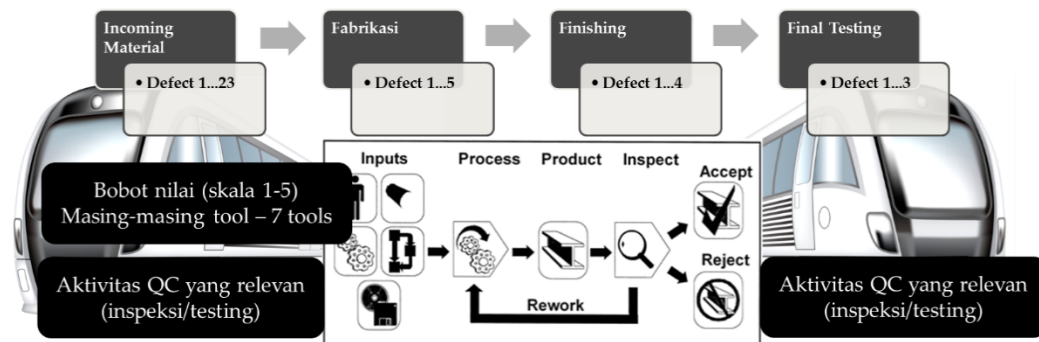
Gambar 5. 2 Hasil Analisis *Seven Tools of Quality*

Secara umum hasil analisis *seven tools of quality* dapat dilihat pada Gambar 5.2. Pengolahan data telah dilakukan/dikembangkan dengan data yang tersedia, diharapkan bahwa di masa mendatang hal ini dapat langsung tersedia dengan kemampuan sistem informasi yang sebenarnya telah dimiliki. *Defect* yang signifikan dan berbagai faktor penyebab telah teridentifikasi. Secara khusus, penyajian *scatter diagram* tidak dapat dilakukan secara maksimal dikarenakan keterbatasan akses data. Permasalahan *out of control*, keacakan (*randomized*) dan variabilitas ditemukan di beberapa pengujian. Permasalahan frekuensi/jumlah

defect telah dapat dilihat secara jelas dan dapat dipergunakan untuk analisis di bagian selanjutnya.

5.2 Analisis Pembobotan Nilai terhadap *Defect*

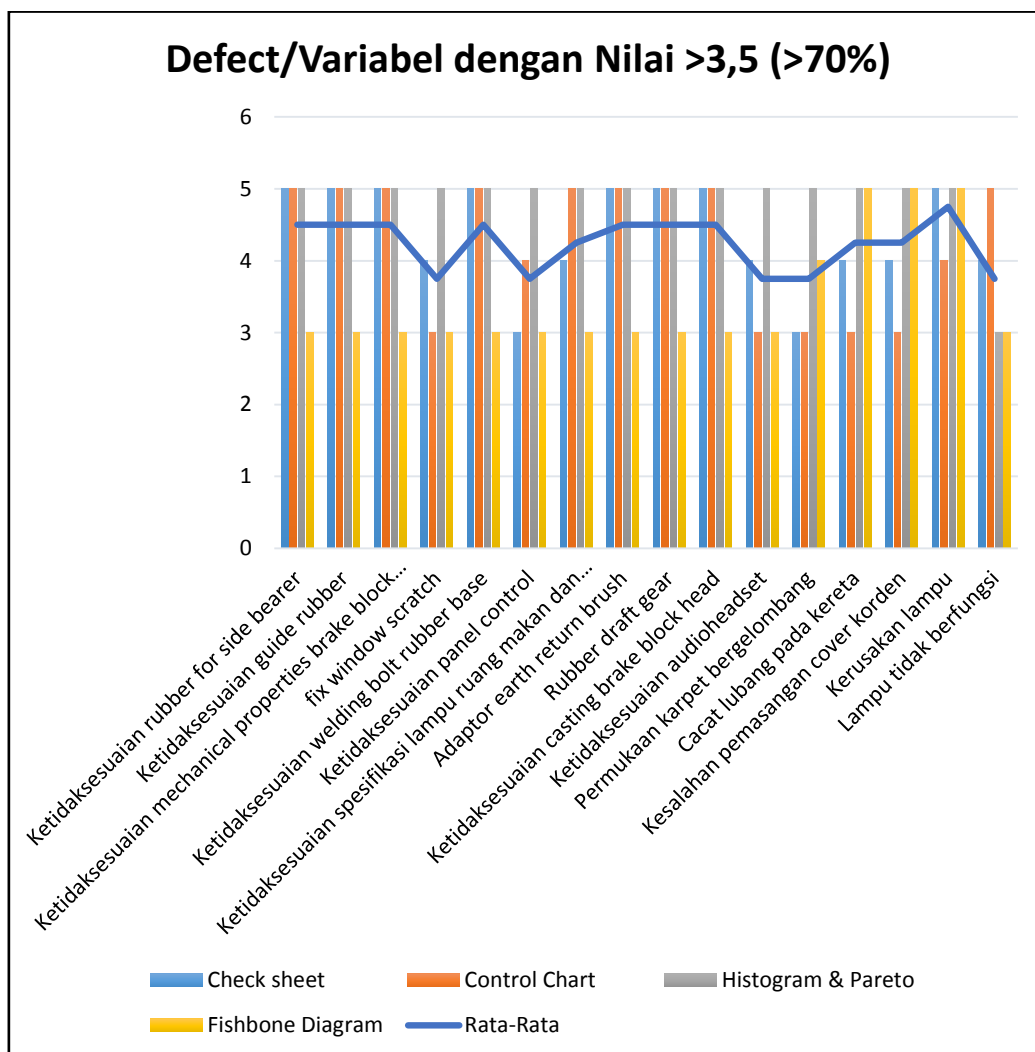
Data yang telah didapatkan secara lengkap dengan menggunakan *seven tools of quality*, selanjutnya dianalisis *defect* mana yang memiliki kontribusi signifikan. Jumlah *defect* keseluruhan sebanyak 35 jenis perlu diseleksi tingkat kontribusinya agar penanganan aktivitas Pengendalian Kualitas yang relevan (dalam hal ini inspeksi dan pengujian/*testing*) akan lebih terarah. Nilai bobot 1 sampai dengan 5 yang ditetapkan menunjukkan tingkat kontribusi tersebut (nilai 1 untuk tidak signifikan dan nilai 5 untuk sangat signifikan) untuk masing-masing tool pada *seven tools of quality*. Dengan demikian masing-masing *defect* pada setiap tahapan proses manufaktur (*incoming material* sampai dengan *final testing*) akan memiliki nilai rata-rata kontribusi. Gambar 5.3 menunjukkan runtutan analisis pembobotan nilai terhadap *defect* terhadap setiap tahapan proses manufaktur.



Gambar 5. 3 Ringkasan Analisis Pembobotan Nilai terhadap *Defect*

Nilai batas (*threshold*) ditetapkan sebesar 3,5 atau *defect* (atau juga bisa disebut variabel) yang dipilih akan memiliki nilai kontribusi lebih besar dari 70%. Nilai tersebut mengandung anggapan bahwa kontribusi di bawah 70% dianggap belum perlu (belum diprioritaskan) untuk ditindaklanjuti untuk saat ini. Berdasarkan pengolahan hasil nilai rata-rata kontribusi didapatkan sebanyak 16

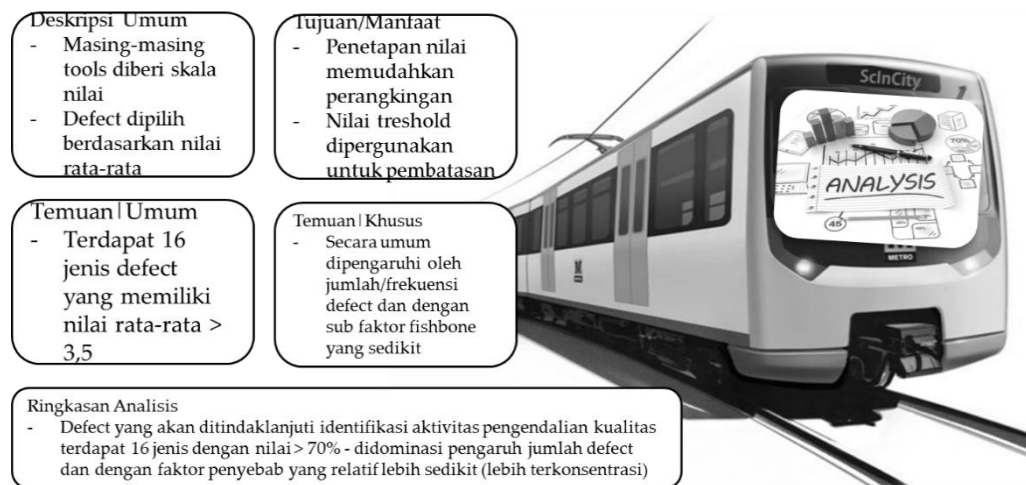
jenis *defect*/variabel yang perlu diidentifikasi aktivitas pengendalian kualitas yang relevan. Gambar 5.4 menunjukkan bahwa secara umum terpilihnya jenis *defect*/variabel didominasi oleh nilai pada *tool check sheet* dan *control chart* di mana jumlah/frekuensi *defect* dan faktor *out of control*, keacakan dan variabilitas merupakan penyebab utama. Sedangkan pada *tool fishbone* yang menunjukkan banyaknya sub faktor penyebab secara umum tidak memiliki nilai yang cukup besar, artinya sub faktor yang mempengaruhi relatif tidak terlalu banyak.



Gambar 5. 4 *Defect* Terpilih untuk Identifikasi Aktivitas Pengendalian Kualitas

Gambar 5.4 menunjukkan hasil analisis pembobotan nilai terhadap *defect*, dimana setiap *tool* memiliki nilai yang menunjukkan tingkat signifikan kontribusi

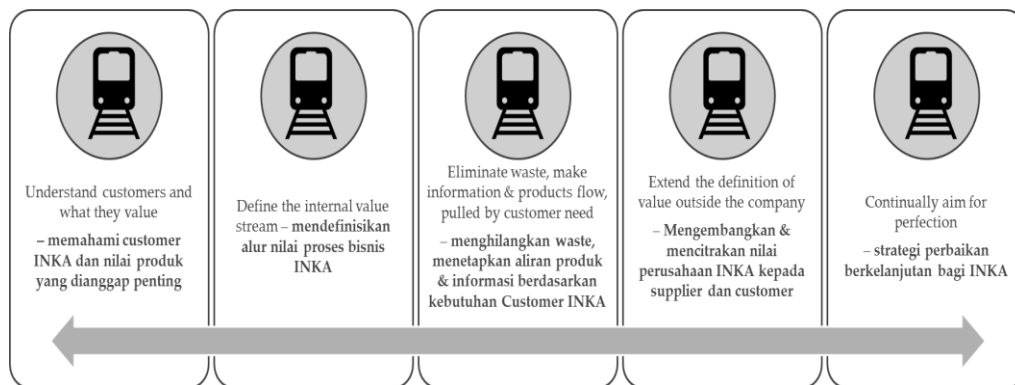
defect dalam perspektif *tool* tersebut. Hal ini mengandung arti bahwa jumlah/frekuensi cacat yang semakin banyak semakin penting untuk ditangani. Demikian pula banyaknya permasalahan pada *control chart*, banyaknya jenis cacat dalam jumlah komulatif 80% dalam histogram dan *pareto*, dan jumlah sub faktor penyebab yang teridentifikasi pada *fishbone diagram* merupakan pertimbangan tingkat kontribusi. Penetapan nilai ini memudahkan perangkingan dan selanjutnya dengan menggunakan nilai *threshold* dapat ditetapkan mana yang akan ditindaklanjuti dengan identifikasi aktivitas pengendalian kualitas (inspeksi dan pengujian)



Gambar 5. 5 Hasil Analisis Pembobotan Nilai terhadap *Defect*

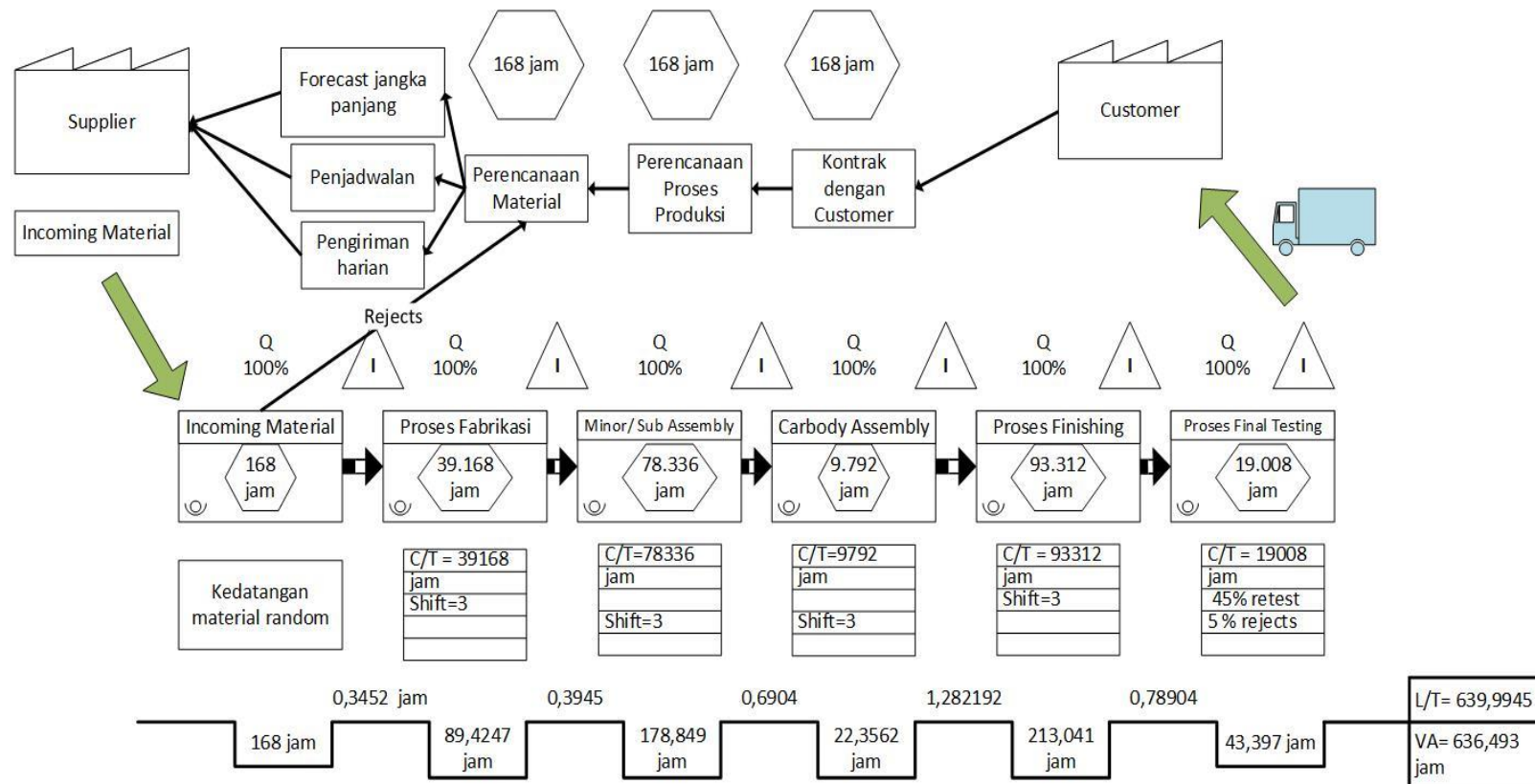
5.3 Analisis Penerapan *Lean Thinking* pada Proses Pengendalian Kualitas

Pendekatan *lean thinking* diperlukan untuk melihat seberapa efektif aktivitas pengendalian kualitas dalam hal ini yang terkait dengan inspeksi dan pengujian. Gambar 5.6 menunjukkan ringkasan analisis penerapan *lean thinking* yang dilakukan terhadap aktivitas pengendalian kualitas terkait dengan 16 *defect*/variabel yang telah ditetapkan sebelumnya. Penerapan dimulai dengan bagaimana memahami nilai-nilai yang dianggap penting oleh *customer* sampai dengan bagaimana menetapkan strategi berkelanjutan.



Gambar 5. 6 Ringkasan Analisis Penerapan *Lean Thinking*

Waste yang diklasifikasikan terdiri dari 7 *wastes* yang terdiri dari *over production*, *error*, *unnecessary inventory*, *inappropriate processing*, *excessive transportation*, *waiting*, *unnecessary motion*, di mana *waste* tersebut memiliki definisi yang berbeda dengan *waste* pada proses produksi. *Waste* pada *over production* dikategorikan sebagai *waste* pencatatan ulang pada proses inspeksi. *Waste error* dikategorikan sebagai kesalahan dalam pengklasifikasian *defect*, di mana terdapat komponen yang lolos uji pada tahap inspeksi, namun pada saat pengujian, komponen tersebut tidak dapat dioperasikan. *Unnecessary inventory* diklasifikasikan terdapat adanya jumlah pertambahan dokumen yang dapat disebabkan oleh keterampilan operator, serta tata letak penyimpanan peralatan inspeksi yang tidak teratur. Sedangkan *waste* untuk *inappropriate processing* diklasifikasikan sebagai kesalahan prosedur inspeksi serta proses lain yang dapat berdampak pada waktu inspeksi yang juga dapat disebabkan oleh kurangnya koordinasi. *Waste* yang dikategorikan sebagai *excessive transportation* yaitu terdapat kelebihan pergerakan data serta aliran aktivitas pengendalian kualitas yang meliputi penataan dokumen yang kurang terorganisir sehingga menyebabkan proses yang tidak perlu. *Waste* kategori *waiting* didefinisikan sebagai *waste* yang terjadi karena proses pengendalian kualitas yang tertunda yang dapat disebabkan oleh faktor keterbatasan peralatan inspeksi, tingkat keterampilan manusia. Sedangkan pada *waste* kategori *unnecessary motion* didefinisikan sebagai *waste* yang terjadi karena gerakan operator yang tidak memberikan nilai tambah pada proses inspeksi.

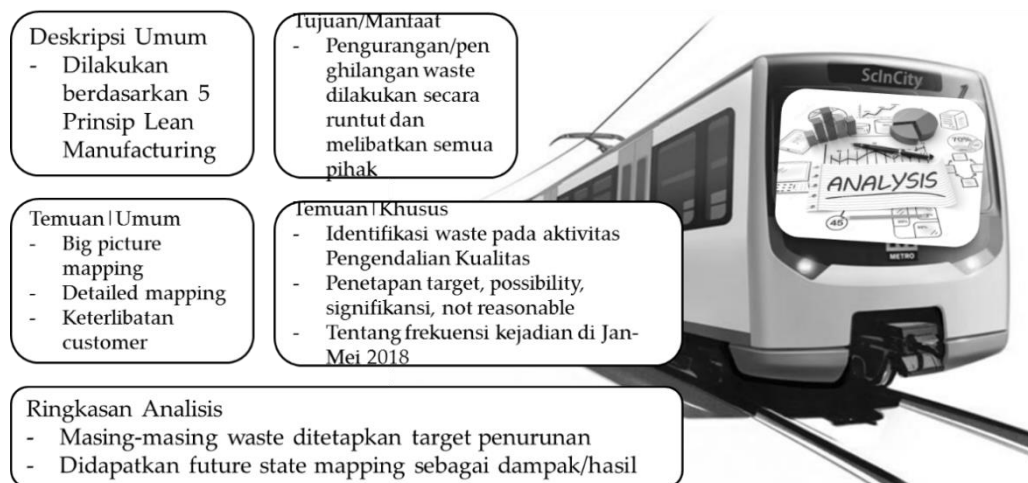


Gambar 5. 7 Future State Mapping Proses Produksi Kereta Api

Tahap setelah *waste* teridentifikasi yaitu melakukan penetapan target untuk mengurangi *waste* yang terjadi. Penetapan target yang dipaparkan pada Tabel 4.62 didasarkan oleh kondisi eksisting perusahaan, serta besarnya *waste* yang terjadi. *Waste* yang terjadi selama pengendalian kualitas memiliki pengaruh dalam waktu yang dibutuhkan selama proses. Adanya pengurangan *waste* tersebut dapat digambarkan pada *future state mapping* pada Gambar 5.7. Di mana berdasarkan alur proses produksi Proyek Kereta Api, terdapat pengurangan waktu *lead time* sebanyak 0,389 jam.

Tahap selanjutnya yaitu melakukan pemetaan rekomendasi (*detailed mapping*). Pemetaan rekomendasi pada *waste* yang terjadi pada aktivitas pengendalian kualitas. Pada pemetaan terperinci ditunjukkan bagian *defect* dari komponen beserta penjelasan dari rekomendasi. Berdasarkan *waste* yang terjadi serta rekomendasi perbaikannya, selanjutnya dilakukan bagaimana keterlibatan dari *supplier* dan dampak terhadap *customer*. Dalam upaya untuk mengurangi *waste* yang terjadi beberapa yang harus dilakukan yaitu melakukan evaluasi kinerja *supplier*, memberikan *reward* dan *punishment* berdasarkan kinerja *supplier*, dan memperbaiki koordinasi dengan *supplier*. Sedangkan pengaruh *waste* terhadap lama *lead time* produk serta produk yang dihasilkan tidak sesuai dengan spesifikasi dapat berdampak pada tingkat kepuasan *customer*, terdapat *complain customer*, serta menurunnya reputasi perusahaan. Setelah dirumuskan penetapan target penurunan frekuensi terjadinya *waste*, maka selanjutnya dilakukan evaluasi kemungkinan target dapat tercapai atau tidak.

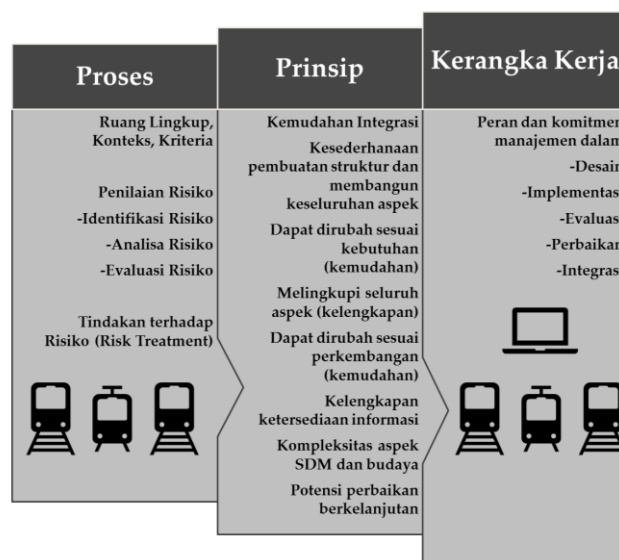
Secara umum, tahapan ini merupakan paling penting dari keseluruhan metodologi yang diterapkan. Penetapan angka-angka yang telah dilakukan mengandung subyektivitas yang sangat tinggi. Meskipun demikian hasil dapat dipakai sebagai referensi penyempurnaan ataupun implementasi secara langsung di masa mendatang. Secara ringkas hasil analisis penerapan *lean thinking* dapat dilihat pada Gambar 5.8.



Gambar 5. 8 Hasil Analisis Penerapan *Lean Thinking*

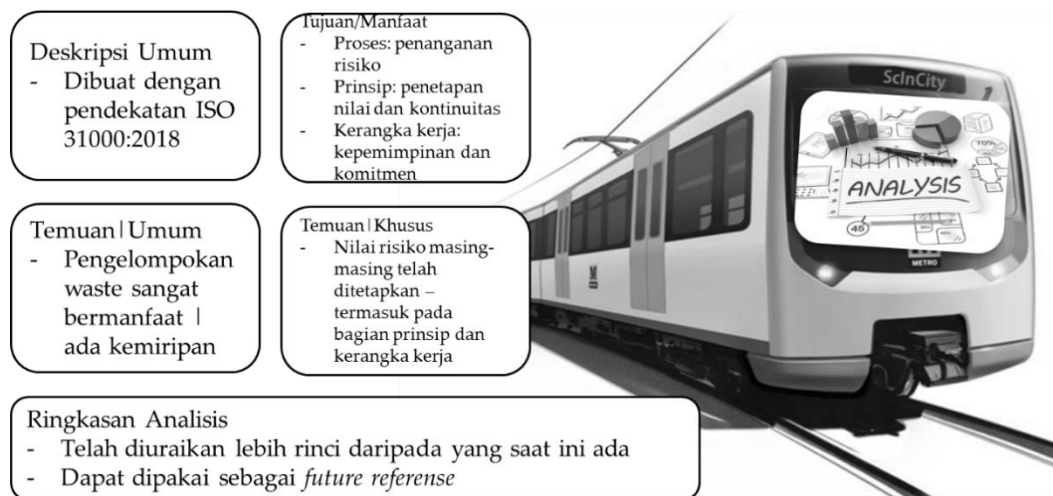
5.4 Analisis Risiko

Analisis risiko yang diterapkan adalah berdasarkan pendekatan standar ISO 31000:2018. Standar tersebut terdiri dari prinsip, kerangka serta proses (Gambar 5.9). Dalam prosesnya, terdapat beberapa tahapan antara lain yaitu identifikasi risiko, analisis risiko, serta evaluasi risiko. Risiko yang diidentifikasi pada tahapan ini didasarkan pada *waste* yang terjadi selama proses pengendalian kualitas.



Gambar 5. 9 Ringkasan Analisis Risiko dengan Pendekatan ISO 31000:2018

Sebelum dilakukan identifikasi risiko, *waste* yang telah teridentifikasi sebelumnya dilakukan pengelompokan kategori *waste*, sehingga jenis *waste* yang telah terklasifikasi menjadi 10 jenis. Pengelompokan tersebut dilakukan karena terdapat beberapa *waste* yang serupa sehingga lebih efektif jika dilakukan pengelompokan.



Gambar 5. 10 Hasil Analisis Risiko berdasarkan Pendekatan ISO 31000:2018

Berdasarkan *waste* yang telah dikelompokkan maka selanjutnya dilakukan identifikasi risiko, serta dampak dari masing-masing risiko. Kemudian dilakukan penilaian berdasarkan standardisasi *likelihood* dan *consequence* berdasarkan tingkat frekuensi risiko terjadi serta seberapa besar dampak dari risiko tersebut. Dalam evaluasinya, dilakukan upaya mitigasi masing-masing risiko. Kemudian untuk dapat mengetahui tingkat risiko, dilakukan pemetaan risiko sehingga dapat diketahui apakah risiko tergolong tinggi, atau rendah. Hasil dari pengolahan data yang ada terdapat dua jenis risiko yang memiliki tingkat risiko *catastrophic* yaitu pada *waste* material mengalami keterlambatan datang dan kesalahan klasifikasi *defect* pada komponen lampu. Kedua *waste* tersebut menimbulkan risiko kesalahan dalam mengatur dokumen serta penambahan *defect* pada material. Selanjutnya, pada prinsip serta kerangka risiko, dilakukan penilaian masing-

masing berdasarkan upaya mitigasi yang akan diterapkan. Secara ringkas hasil analisis risiko berdasarkan pendekatan ISO 31000:2018 dapat dilihat pada Gambar 5.10. Dengan hasil umum bahwa analisis yang dilakukan dapat dianggap lebih rinci dari analisis risiko yang saat ini dimiliki Industri Kereta Api, dengan demikian hal ini dapat dijadikan referensi awal untuk rincian penerapan standar ISO yang dimaksud dengan keterlibatan data lintas divisi yang lebih integratif.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai pemaparan kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan, serta saran untuk penelitian selanjutnya.

6.1 Kesimpulan

Bagian ini akan memaparkan kesimpulan berdasarkan pengolahan, analisis dan interpretasi data yang telah dipaparkan sebelumnya. Berikut merupakan beberapa kesimpulan dari penelitian.

1. Proses pengendalian kualitas pada industri kereta api dimulai dari proses inspeksi pada *incoming material*, proses fabrikasi, *finishing* hingga *final testing*. Proses inspeksi disesuaikan pada jenis dan karakteristik dari proses serta komponen material. Berdasarkan pembobotan nilai pada pengolahan data *seven tools of quality control*, didapatkan beberapa kategori *defect* yang sangat signifikan terhadap potensi kerugian dan tidak dipenuhinya spesifikasi.
2. Faktor penyebab adanya cacat pada produk atau komponen dapat disebabkan oleh operator yang kurang terampil, kurangnya pengawasan selama proses produksi, prosedur atau metode yang diterapkan selama proses, maupun kualitas material yang didapatkan oleh *supplier*, serta kesalahan selama pengklasifikasian *defect*.
3. *Waste* yang diidentifikasi dilakukan berdasarkan penilaian bobot dari masing-masing *defect*, kemudian dilakukan identifikasi prosedur pengendalian kualitas yang relevan. Berdasarkan prosedur tersebut, kemudian dapat diidentifikasi masing-masing *waste* yang didasarkan pada *seven wastes* yang terdiri dari *overproduction*, *error*, *unnecessary inventory*, *excessive transportation*, *waiting*, *unnecessary motion*. Berdasarkan *waste* tersebut, dilakukan identifikasi frekuensi *waste* beserta penetapan target masing-masing *waste*, dilakukan analisis pemetaan rekomendasi secara

terperinci, dan analisis keterlibatan *supplier* serta dampak terhadap *customer*.

4. Berdasarkan analisis risiko yang telah dilakukan, dapat diketahui risiko yang memiliki tingkat tertinggi adalah material yang mengalami keterlambatan datang dan kesalahan klasifikasi *defect* pada komponen lampu.
5. Berdasarkan pengolahan data pada ketiga metode, dapat diketahui bahwa *defect* terbanyak, frekuensi *waste* yang tertinggi serta tingkat risiko yang tertinggi terdapat pada proses *incoming material*. Maka dari itu, perlu dilakukan perbaikan koordinasi dengan *supplier*, melakukan pengawasan inspeksi terhadap *supplier* secara terjadwal. Dikarenakan proses *incoming material* merupakan proses awal yang dapat memengaruhi keberlangsungan proses fabrikasi, *finishing* hingga proses pengujian, maka dari itu proses tersebut memiliki dampak signifikan yang besar terhadap potensi kualitas keseluruhan produk.

6.2 Saran

Berikut merupakan pemaparan beberapa saran oleh penulis untuk penelitian selanjutnya :

1. Penelitian lebih lanjut diperluas sampai dengan bagian purna jual.
2. Penelitian lebih lanjut dapat ditambahkan perhitungan terperinci mengenai kerugian akibat *defect* agar lebih merepresentasikan kontribusi proses pengendalian kualitas yang sesungguhnya.
3. Penelitian lebih lanjut untuk bagian *seven tools of quality* perlu dilakukan secara detail dan perencanaan secara berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alireza Anvari, Y. I. (2011). A Study on Total Quality Management and Lean Manufacturing: Through Lean Thinking Approach. *World Applied Science Journal*, 1-2.
- Chiragkumar S. Chauhan, S. C. (2013). Quality Improvement by Apply Seven Quality Control (7 QC) Tool in Process Industry. *International Journal for Scientific Research and Development*, 1(10), 3.
- Groover, M. P. (2001). *Automation, Production Systems, and Computer-integrated Manufacturing*. Prentice Hall.
- Groover, M. P. (2010). *Fundamentals of Modern Manufacturing*. United States of America: John Wiley & Sons, Inc.
- Montgomery, D. C. (2009). *Introduction to Statistical Quality Control*. United States of America: John Wiley & Sons, Inc.
- Muhammad, S. (2015). Quality Improvement of Fan Manufacturing Industry by Using Basic Seven Tools of Quality: A Case Study. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 6.
- Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia tentang Tata Cara Penetapan Jaringan Pelayanan Perkertaapian. (2014).
- Perhubungan, P. M. (2010). *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor: KM 43 Tahun 2010 tentang Standar Spesifikasi Gerbong*.
- R. Sundar, A. B. (2014). A Review on Lean Manufacturing Implementation Techniques. *12th Global Congress on Manufacturing and Management*.
- Raphael Wagner, B. H. (2018). Function-Oriented Quality Control Strategies for High Precision Products. *15th CIRP Conference on Computer Aided Tolerancing-CIRP CAT 2018*, 6.
- T. Ferreira, A. B.-S. (2015). Tool Development for Support Lean Manufacturing Implementation in Intermittent Production Environment. *Proceedings of The World Congress on Engineering, II*, 2.
- Taylor, P. H. (2000). *Going Lean*. Cardiff, UK: Lean Enterprise Research Centre.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 23 tentang Perkertaapian. (2007).

- V. Jayakumar, F. M. (2017). Implementation of Seven Tools of Quality Educational Arena: A Case Study. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 4-11.
- Varsha M. Magar, D. V. (2014). Application of 7 Quality Control (7 QC) Tools for Continuous Improvement of Manufacturing Process. *International Journal of Engineering Research and General Science*, 2(4), 8.

BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama lengkap Maudy Ramadhani Putri, lahir pada tanggal 3 Februari 1996 di Surabaya. Penulis merupakan anak pertama dari dua saudara dengan orang tua bernama Bapak Tri Budi Utama dan Ibu Siti Romlah. Penulis telah menempuh pendidikan formal mulai dari SDN Klampis Ngasem I Surabaya (2002-2008), SMP Negeri 19 Surabaya (2008-2011), SMA Negeri 2 Surabaya (2011-2014), dan Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya (2014-2019).

Selama memasuki masa perkuliahan, penulis aktif pada berbagai kegiatan kemahasiswaan diantaranya menjadi anggota aktif UKM Paduan Suara Mahasiswa (PSM), Staff Departemen Kewirausahaan HMTI ITS 2015/2016, Staff Ahli Departemen Hubungan Luar PSM ITS 2016/2017. Selain menjadi pengurus aktif pada beberapa organisasi, penulis juga pernah mengikuti berbagai kepanitiaan diantaranya menjadi Bendahara pada Kegiatan LKMW TD pada tahun 2015, Bendahara UKM Expo tahun 2015, serta Bendahara *Song's Parade Concert* tahun 2016. Penulis pernah melaksanakan kerja praktik di Bank Rakyat Indonesia pada Bagian *E-Channel*. Penulis dapat dihubungi via email maudyrmadhani@gmail.com

